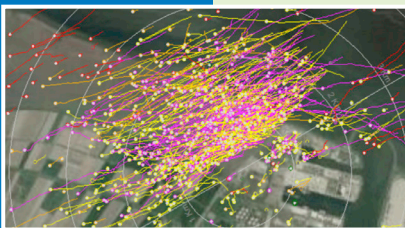


Analyse nachtelijke vogeltrek met behulp van 3D-vogelradar: Showcase Eemshaven

Resultaten najaar 2018 en voorjaar 2019



J.C. Kleyheeg-Hartman
A. Potiek



Bureau Waardenburg
Ecologie & Landschap





Analyse nachtelijke vogeltrek met behulp van 3D-vogelradar: Showcase Eemshaven. Resultaten najaar 2018 en voorjaar 2019

J.C. Kleyheeg-Hartman, A. Potiek

Status uitgave: Eindrapport

Rapportnummer: 19-176

Projectnummers: 18-0543 & 18-0956

Datum uitgave: 27 februari 2020

Foto's omslag: Groot: MAX in de Eemshaven van boven – Pieter-Bas Broeckx
Klein boven: Geproduceerde tracks tijdens goede treknacht (10 okt)
Klein midden: Max in de Eemshaven in de schemer – Bas Engels
Klein onder: Max in de Eemshaven overdag – Hein Prinsen

Projectleider: J.C. Kleyheeg-Hartman MSc.

Tweede lezer: drs. H.A.M. Prinsen

Naam en adres opdrachtgever: Provincie Groningen
Sint Jansstraat 4, 9712 JN Groningen

Referentie opdrachtgever: Dossiernummer K11390 d.d. 24 augustus 2018 & 5 maart 2019

Akkoord voor uitgave: drs. H.A.M. Prinsen

Paraaf:

Graag citeren als: Kleyheeg-Hartman, J.C. & A. Potiek, 2020. Analyse nachtelijke vogeltrek met behulp van 3D-vogelradar: Showcase Eemshaven. Resultaten najaar 2018 en voorjaar 2019. Rapportnr. 19-176. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Trefwoorden: vogeltrek, migratie, MAX, 3D, radar, Eemshaven, windturbine, stilstand, aanvaringsslachtoffers

Bureau Waardenburg bv is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Bureau Waardenburg bv.

Opdrachtgever hierboven aangegeven vrijwaart Bureau Waardenburg bv voor aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

© Bureau Waardenburg bv / Provincie Groningen

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van opdrachtgever en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag worden vervaardigd en/of openbaar gemaakt worden d.m.v. druk, fotokopie, digitale kopie of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de opdrachtgever hierboven aangegeven en Bureau Waardenburg bv, noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

Lid van de branchevereniging Netwerk Groene Bureaus. Het kwaliteitsmanagementsysteem van Bureau Waardenburg bv is door CERTIKED gecertificeerd overeenkomstig ISO 9001: 2015. Bureau Waardenburg bv hanteert als algemene voorwaarden de DNR 2011, tenzij schriftelijk anders wordt overeengekomen.



Bureau Waardenburg
Ecologie & Landschap

Bureau Waardenburg, Postbus 365 4100 AJ Culemborg, 0345 51 27 10, info@buwa.nl, www.buwa.nl





Voorwoord

Windparken leveren in Nederland een belangrijk deel van de duurzaam opgewekte energie. Om de energiedoelen te halen zullen er in Nederland op de korte termijn nog veel windparken bijkomen. In (de omgeving van) de Eemshaven zijn in de huidige situatie bijna 100 windturbines aanwezig en dit aantal zal in de nabije toekomst naar verwachting flink toenemen.

De Eemshaven ligt op een belangrijke trekroute van vogels van de overwinteringsgebieden in Afrika en Zuidwest-Europa naar de broedgebieden in Scandinavië en Rusland en *vice versa*. De ligging van de Eemshaven in het uiterste noordoostelijke puntje van het vasteland van Nederland, aan de Waddenzee, maakt dat onder sommige omstandigheden in het voorjaar en najaar zeer grote aantallen vogels over de Eemshaven trekken op weg van hun overwinteringsgebieden naar hun broedgebieden en weer terug.

Deze samenkomst van een groot aantal windturbines en een groot aantal migrerende vogels leidt, in vergelijking tot andere windparken op land in Nederland, lokaal tot een relatief hoog aantal aanvaringsslachtoffers onder (trekkende) vogels. Met het oog op de geplande uitbreiding van de windparken in de Eemshaven wil de provincie Groningen, verantwoordelijk voor de vergunning- en ontheffingverlening voor de windparken in het kader van de Wet natuurbescherming, het aantal aanvaringsslachtoffers onder trekvogels zoveel mogelijk beperken. Een manier om dit te bereiken is door de windturbines stil te zetten op momenten dat grote aantallen vogels (op rotorhoogte) over de Eemshaven trekken. Om de kosten van een dergelijke maatregel zo veel mogelijk te beperken, moet het optreden van een lokale piek in aantallen trekvogels zo ver mogelijk van tevoren voorspeld kunnen worden (bij voorkeur minimaal twee dagen van tevoren).

In dit kader heeft de provincie Groningen, samen met Rijkswaterstaat (RWS) en de Ministeries van Economische Zaken en Klimaat (EZK) en Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) een onderzoeksconsortium opdracht verstrekt voor nader onderzoek naar de interactie tussen windturbines en trekvogels. Het uiteindelijke doel is om een model te ontwikkelen waarmee momenten met een hoog risico op het optreden van grote aantallen slachtoffers onder trekvogels minimaal 48 uur van tevoren voorspeld kunnen worden. Op basis van dergelijke voorspellingen kunnen windturbines stilgezet worden om de aantallen slachtoffers te beperken.

Het onderzoeksconsortium bestaat uit drie partijen: De Universiteit van Amsterdam (UvA), Bureau Waardenburg en Altenburg & Wymenga (A&W). De Universiteit van Amsterdam heeft de kenmerken van de nachtelijke trek van zangvogels op grotere schaal in beeld gebracht met behulp van een weerradar die zich op het Duitse eiland Borkum bevindt. Bureau Waardenburg heeft in het najaar van 2018 en het voorjaar van 2019 gedurende ca. 2 maanden per seizoen de kenmerken van de nachtelijke trek van zangvogels over de Eemshaven in kaart gebracht met behulp van een innovatieve 3D-vogelradar. Tenslotte, heeft Altenburg & Wymenga gedurende het najaar van 2018 en het voorjaar van 2019 intensief slachtofferonderzoek in het bestaande windpark in de Eemshaven uitgevoerd om



de sterfte van 's nachts trekkende zangvogels zo goed mogelijk in kaart te brengen. In het najaar is daarnaast ook een proef uitgevoerd met het stilzetten van windturbines in nachten met een verwachte hoge trekintensiteit, om vast te stellen of stilstand, zoals verwacht, leidt tot een verlaging van het aantal slachtoffers onder trekvogels.

Voorliggend rapport omvat de resultaten van het onderzoek van Bureau Waardenburg met de 3D-vogelradar. De geïntegreerde resultaten van het onderzoek, met een koppeling tussen de gegevens van de weerradar, de 3D-vogelradar en het slachtofferonderzoek, volgen in een gezamenlijke rapportage van de drie consortiumpartners.

Vanuit Bureau Waardenburg hebben de volgende personen een belangrijke bijdrage aan het project geleverd:

Bas Engels	coördinatie veldwerk
Daniël Beuker	veldwerk
Job de Jong	databasebeheer en data-analyse
Maarten Japink	databasebeheer en data-analyse
Astrid Potiek	veldwerk, data-analyse en rapportage
Jonne Kleyheeg-Hartman	projectleiding, veldwerk, data-analyse en rapportage
Hein Prinsen	veldwerk, kwaliteitsborging

Vanuit Bureau Waardenburg hebben daarnaast Elisa Bravo Rebolledo, Jacco Leemans, Anne Balk, Robert Jan Jonkvorst, Camiel Heunks, Yvonne Radstake, Roland van der Vliet en Marvin Groen een bijdrage geleverd aan het veldwerk. Technische ondersteuning is vanuit Bureau Waardenburg verleend door Hans de Jong, Steven Stemerding, Michiel van de Voorden en Riny van Beurden. Genoemde personen zijn door opleiding, werkervaring en zelfstudie gekwalificeerd voor de door hun uitgevoerde werkzaamheden. De opdracht is uitgevoerd volgens het kwaliteitshandboek van Bureau Waardenburg. Het kwaliteitsmanagementsysteem van Bureau Waardenburg is ISO gecertificeerd.

Vanuit de opdrachtgevers is de opdracht begeleid door de heer Olaf Slakhorst en de heer Jan Spakman (beide provincie Groningen), mevrouw Suzanne Lubbe (RWS), de heer Ben Schoon (EZK) en de heer Pieter Joop (LNV). Technische ondersteuning ten behoeve van de 3D-vogelradar is geleverd door Robin Radar Systems. Vanuit Groningen Seaports hebben we volledige medewerking ontvangen van de heer Roeland van der Woug. De heer Ruud Kerkhof (Topwind) heeft ons geholpen met de stroomvoorziening voor de radar en met het leveren van weergegevens uit een nabijgelegen windturbine. Wij danken allen voor de prettige samenwerking.



Inhoud

Voorwoord	5
1 Inleiding	9
1.1 Aanleiding	9
1.2 Consortium	10
1.3 Uitgangspunten	11
1.4 Onderzoeksvragen	12
1.5 Leeswijzer	13
2 Materiaal en methoden	15
2.1 3D-vogelradar MAX® in de Eemshaven	15
2.2 Validatie	18
2.3 Data analyse	21
3 Resultaten	35
3.1 Temporele patronen in trekintensiteit	35
3.2 Vlieghoogte van nachtelijke zangvogeltrek	46
3.3 Soortenspectrum nachtelijke (zang)vogeltrek	52
3.4 Vergelijking met Furuno scheepsradar(s)	55
4 Discussie en conclusie	61
4.1 Trekintensiteit over het seizoen	61
4.2 Vlieghoogte	61
4.3 Soortenspectrum	62
4.4 Vergelijking 3D-vogelradar MAX met Furuno scheepsradars	62
5 Literatuur	63
Bijlage I Geselecteerde meetperiodes	65
Bijlage II Incomplete uren in de datasets	71





1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De Eemshaven is landelijk gezien een *hotspot* voor vogels op seizoenstrek. Door de ligging van de Eemshaven in het meest noordoostelijke puntje van het vasteland van Nederland, aan de Waddenzee, kunnen onder sommige omstandigheden in het voorjaar en najaar zeer grote aantallen vogels over de Eemshaven trekken op weg van hun overwinteringsgebieden naar hun broedgebieden en weer terug. Ook wordt de omgeving van de Eemshaven gebruikt als ‘*stop-over*’ door vogels die net de oversteek over zee gemaakt hebben (najaar), of die betere omstandigheden afwachten om de oversteek te maken (voorjaar). De Eemshaven is daarnaast een locatie waar veel windenergie wordt opgewekt. Op dit moment zijn er bijna 100 windturbines in (de omgeving van) de Eemshaven aanwezig en er zijn plannen om in de nabije toekomst nog tientallen nieuwe windturbines in de directe omgeving van de Eemshaven te realiseren.

Uit monitoringsonderzoek dat ten behoeve van de Natuurbeschermingswetvergunning voor het bestaande windpark in de Eemshaven is uitgevoerd, blijkt dat op deze locatie relatief grote aantallen vogels op seizoenstrek sterven als gevolg van aanvaringen met de aanwezige windturbines. Het gaat om meer dan duizend slachtoffers onder trekkende zangvogels in het gehele (huidige) windpark per jaar (Klop & Brenninkmeijer 2014). Gezien dit (in absolute zin) relatief grote aantal vogelslachtoffers en de plannen voor uitbreiding van het aantal windturbines in het gebied, heeft provincie Groningen de wens om door middel van mitigatie het aantal slachtoffers onder vogels op seizoenstrek zoveel mogelijk te beperken. Dit kan door de windturbines stil te zetten op momenten dat grote aantallen vogels op rotorhoogte door het windpark vliegen. Om de risico's voor de energievoorziening en de kosten van deze stilstand zo veel mogelijk te beperken zou het optreden van dergelijke risicovolle omstandigheden minimaal 48 uur van tevoren voorspeld moeten kunnen worden.

De provincie Groningen heeft een consortium bestaande uit de Universiteit van Amsterdam (UvA), Bureau Waardenburg en Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek (A&W) verzocht om te onderzoeken in hoeverre het mogelijk is om een model te ontwikkelen waarmee (48 uur van tevoren) voorspeld kan worden wanneer de windturbines in de (omgeving van de) Eemshaven stilgezet moeten of kunnen worden om grote aantallen slachtoffers onder vogels op seizoenstrek te voorkomen.

De sterfte van trekvogels als gevolg van aanvaringen met windturbines treedt niet alleen in de Eemshaven op. Ook op andere locaties in Nederland waar veel vogels overtrekken, zowel in windparken op land als op zee, speelt dit een rol van betekenis in de vergunning- en ontheffingverlening in het kader van de natuurwetgeving. Om die reden zijn naast de provincie Groningen ook Rijkswaterstaat (betrokken bij de uitrol van de Nederlandse plannen voor wind op zee), het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) en het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) geïnteresseerd in de uitkomsten van het onderzoek in de Eemshaven. Zij zijn daarom samen met de provincie

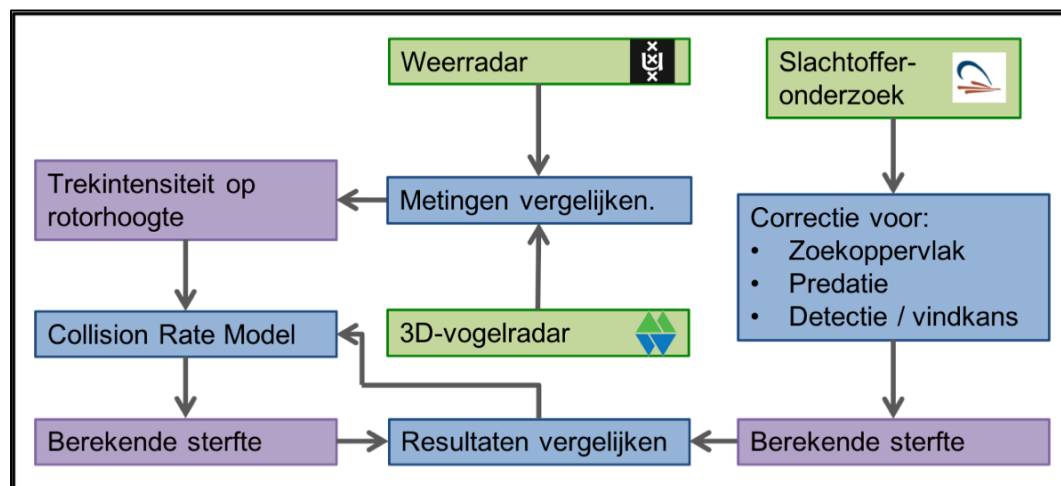


Groningen opdrachtgever van het onderzoek. Gezamenlijk willen zij niet alleen de haalbaarheid van de ontwikkeling van een voorspellingsmodel voor stilstand onderzocht hebben, maar willen ze ook een antwoord op de vraag of het stilzetten van windturbines inderdaad leidt tot een reductie van het aantal aanvaringsslachtoffers.

1.2 Consortium

Het consortium voor het uitvoeren van het onderzoek bestaat uit drie partijen: De Universiteit van Amsterdam (UvA), Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek (A&W) en Bureau Waardenburg. De UvA heeft de rol van projectcoördinator op zich genomen. Ieder lid van dit consortium is verantwoordelijk voor zijn eigen deel van het onderzoek. Voor de UvA betreft dit het analyseren van de gegevens van een weerradar op het Duitse eiland Borkum en het onderzoeken van de mogelijkheid om op basis van de verzamelde gegevens een voorspellingsmodel voor stilstand in de Eemshaven te maken. A&W is verantwoordelijk voor de uitvoering, analyse en rapportage van het slachtofferonderzoek onder 20-30 windturbines in de Eemshaven (inclusief het stilstandsonderzoek). Bureau Waardenburg is, tenslotte, verantwoordelijk voor het vastleggen van de vogeltrek in de Eemshaven met een 3D-vogelradar en voor de analyse en rapportage van de gegevens die met deze radar zijn verkregen.

Gezamenlijk zijn de drie partijen verantwoordelijk voor de integratie van alle resultaten, op basis waarvan de overkoepelende onderzoeksvragen beantwoord zullen worden (zie ook § 1.4). In Figuur 1.1 is weergegeven hoe de verschillende deelonderzoeken in elkaar grijpen.



Figuur 1.1 Overzicht van de opzet van de 'Showcase Eemshaven' waarbij inzichtelijk is gemaakt hoe de diverse onderdelen in elkaar grijpen. Het onderzoek met de 3D-vogelradar dat door Bureau Waardenburg is uitgevoerd had tot doel om vast te stellen in hoeverre pieken in trekintensiteit op grotere hoogte (gemeten met de weerradar op Borkum) samenvallen met pieken in trekintensiteit op rotorhoogte (gemeten met de 3D-vogelradar).



Voor de ontwikkeling van een model waarmee het optreden van intensieve vogeltrek op rotorhoogte voorspeld kan worden, zijn (veel) historische gegevens nodig. Deze gegevens zijn beschikbaar van weerradars in de omgeving van de Eemshaven. Deze weerradars kunnen echter in de eerste ± 100 à 200 meter boven de grond niet goed kijken. Dit betreft ook de hoogte waar de rotoren van windturbines zich bevinden. Daarom heeft Bureau Waardenburg gedurende twee trekseizoenen (najaar 2018 en voorjaar 2019) in de Eemshaven de lokale patronen in de vogeltrek in beeld gebracht met een 3D-vogelradar. Deze 3D-radar heeft, in tegenstelling tot weerradars, wel goed zicht op rotorhoogte. Door de simultane metingen van de 3D-vogelradar en de weerradar op Borkum met elkaar te vergelijken zal blijken in hoeverre intensieve trek op rotorhoogte ook op grotere hoogte leidt tot een piek in trekintensiteit, die door de weerradar wordt geregistreerd. Alleen wanneer sprake is van een overeenkomst in de metingen met beide radars, kunnen de historische gegevens van de weerradar(s) in de omgeving van de Eemshaven gebruikt worden voor de ontwikkeling van een voorspellingsmodel voor het optreden van intensieve trek op rotorhoogte.

1.3 Uitgangspunten

- Het project betreft een *showcase* wat enerzijds betekent dat het onderzoek deels het karakter van een pilotstudie heeft (haalbaarheidsstudie) en anderzijds betekent dat de resultaten met een breed publiek gedeeld zullen worden. Omdat dit project een haalbaarheidsstudie betreft zal het nog niet direct resulteren in een voorspellingsmodel. Wel moet op basis van deze studie duidelijk worden in hoeverre de ontwikkeling van een dergelijk model voor de Eemshaven en voor andere windparken (op land) mogelijk is en welke ontwikkelstappen daarvoor doorlopen moeten worden.
- Voorliggende rapportage omvat alleen de resultaten van het deel van het onderzoek dat door Bureau Waardenburg is uitgevoerd met de 3D-vogelradar. De resultaten van de integratie van de gegevens van de vogelradar, de gegevens van de weerradar op Borkum en de slachtoffergegevens zullen in een separaat gezamenlijk rapport opgeleverd worden (Bouten *et al.* 2020).
- De focus van het onderzoek ligt op de nachtelijke trek van zangvogels. De reden hiervoor is dat nachtelijke trek van zangvogels massaler is dan de dagtrek en de trek van andere soortgroepen zoals bijvoorbeeld roofvogels of watervogels. Bovendien heeft eerder onderzoek van de UvA (van Belle *et al.* 2007) laten zien dat nachtelijke trek van zangvogels in zekere mate voorspelbaar is.
- In aanvulling op de haalbaarheidsstudie voor de ontwikkeling van een voorspellingsmodel voor stilstand, is tijdens de onderzoeksperiode tevens een experiment met stilstand uitgevoerd. In het najaar van 2018 zijn tijdens tien nachten waarin sterke trek van zangvogels werd voorzien, tien van de windturbines waaronder door A&W naar slachtoffers werd gezocht stilgezet. Het doel van dit experiment was om vast te stellen in hoeverre stilstand leidt tot een reductie van het aantal slachtoffers onder nachtelijk trekkende zangvogels. De resultaten van dit experiment worden behandeld in de rapportage van A&W en blijven in voorliggend rapport buiten beschouwing (Klop & Brenninkmeijer 2020).



- De *showcase* in de Eemshaven is het eerste project dat Bureau Waardenburg met de innovatieve 3D-vogelradar MAX[®] heeft uitgevoerd. Enkele weken na levering van de radar aan Bureau Waardenburg zijn de metingen in de Eemshaven al gestart. Hierdoor was er in dit project een verhoogd risico op 'kinderziektes' en het optreden van praktische uitdagingen. Als uitgangspunt is steeds gehanteerd dat de metingen op een zo constant mogelijke manier uitgevoerd moesten worden. Dit betekende dat software-updates of hardware aanpassingen die niet essentieel waren voor het functioneren van de 3D-vogelradar en die mogelijk invloed hadden op de meetinstellingen (zoals classificatie en detectie-afstanden) niet tijdens het project zijn doorgevoerd. Ook als dit betekende dat de radar gedurende het project minder goed presteerde dan inmiddels technisch mogelijk was. Zolang de gegevens van voldoende kwaliteit waren om de onderzoeksvragen te kunnen beantwoorden, is de vergelijkbaarheid van de gegevens binnen en tussen de seizoenen belangrijker geacht dan een optimale prestatie van de radar.

1.4 Onderzoeksvragen

Het consortium heeft in samenspraak met de opdrachtgevers de volgende onderzoeksvragen voor het onderzoek geformuleerd (Het onderdeel dat in dit rapport aan bod komt is dik gedrukt):

1. Kan het algoritme, dat ontwikkeld is voor het identificeren van vogeltrek op grote hoogte in de data van een weerradar, aangepast worden om lokale patronen in vogeltrek op hoogtes die relevant zijn in relatie tot windparken te herkennen? (Shinneman *et al.* 2020)
2. **Wat kan data verzameld met een 3D-vogelradar onthullen over de ruimtelijke en temporele patronen in de nachtelijke trek van zangvogels over de Eemshaven?**
3. Hoe verhoudt de data van de 3D-vogelradar zich tot die van de weerradar op Borkum, vanuit het oogpunt van modelontwikkeling? (Shinneman *et al.* 2020)
4. Hoe effectief is tijdelijke stilstand van windturbines om sterfte van nachtelijk trekkende zangvogels te reduceren? (Klop & Brenninkmeijer 2020)
5. Kunnen schattingen van de vogelsterfte, gebaseerd op slachtoffertellingen, gecorreleerd worden met de fluxmetingen van de 3D-vogelradar en hoe kan de slachtofferdata gebruikt worden voor de ontwikkeling van een voorspellingsmodel? (Bouten *et al.* 2020)
6. In hoeverre is de nachtelijke trek van zangvogels in de Eemshaven vergelijkbaar met die in andere delen van Nederland? (Shinneman *et al.* 2020)
7. Wat is de beste strategie om de verschillende informatiebronnen te integreren voor de ontwikkeling van een voorspellingsmodel waarmee stilstand voor (een deel van de) windturbines in de Eemshaven 48 uur van tevoren voorspeld kan worden? (Bouten *et al.* 2020)

Het gros van de overkoepelende onderzoeksvragen kan pas beantwoord worden na de integratie van alle gegevens die door de UvA, A&W en Bureau Waardenburg zijn verzameld. In dit rapport zijn de resultaten gepresenteerd van het deel van het onderzoek dat door Bureau Waardenburg met de 3D-vogelradar is uitgevoerd. Deze gegevens worden vervolgens gebruikt voor de integratie van resultaten, waarmee voor zover mogelijk



de resterende onderzoeksvragen beantwoord zullen worden. De resultaten van de integratie worden in een separaat rapport opgeleverd (Bouten *et al.* 2020).

De hierboven beschreven dikgedrukte onderzoeksvraag staat centraal in dit rapport en valt uiteen in de volgende deelonderwerpen:

1. Temporele patronen in de intensiteit van de zangvogeltrek (met aandacht voor de omvang van de flux en het al dan niet aanwezig zijn van pieken in de trekintensiteit):
 - a. binnen het seizoen;
 - b. verschil tussen dag en nacht;
 - c. verloop van de trek door de nacht;
 - d. dit alles in relatie tot windrichting.
2. Vlieghoogte van nachtelijk trekkende zangvogels:
 - a. in relatie tot de hoogte van de rotoren van de aanwezige windturbines;
 - b. in relatie tot trekintensiteit.
3. Soortenspectrum nachtelijke (zang)vogeltrek.
4. Vergelijking met Furuno scheepsradars:
 - a. vlieghoogte;
 - b. trekintensiteit.

Voor de analyse van de gegevens is in eerste instantie gefocust op de gehele onderzoeksperiode (grotendeels half september tot half november en begin maart tot half mei). Daarnaast is extra aandacht besteed aan de nachten waarvoor slachtofferinformatie beschikbaar is, omdat deze nachten interessant zijn voor de latere integratie van resultaten ten behoeve van de ontwikkeling van het voorspellingsmodel.

1.5 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 zijn de gehanteerde methoden en materialen, zowel in het veld als voor de analyse van de gegevens, in detail beschreven. In hoofdstuk 3 zijn de resultaten van het onderzoek met de 3D-vogelradar beschreven, gevolgd door een discussie van de resultaten en bijbehorende conclusies die op basis van dit onderdeel van het grotere overkoepelende onderzoek getrokken kunnen worden in hoofdstuk 4.





2 Materiaal en methoden

2.1 3D-vogelradar MAX® in de Eemshaven

2.1.1 3D-vogelradar MAX®

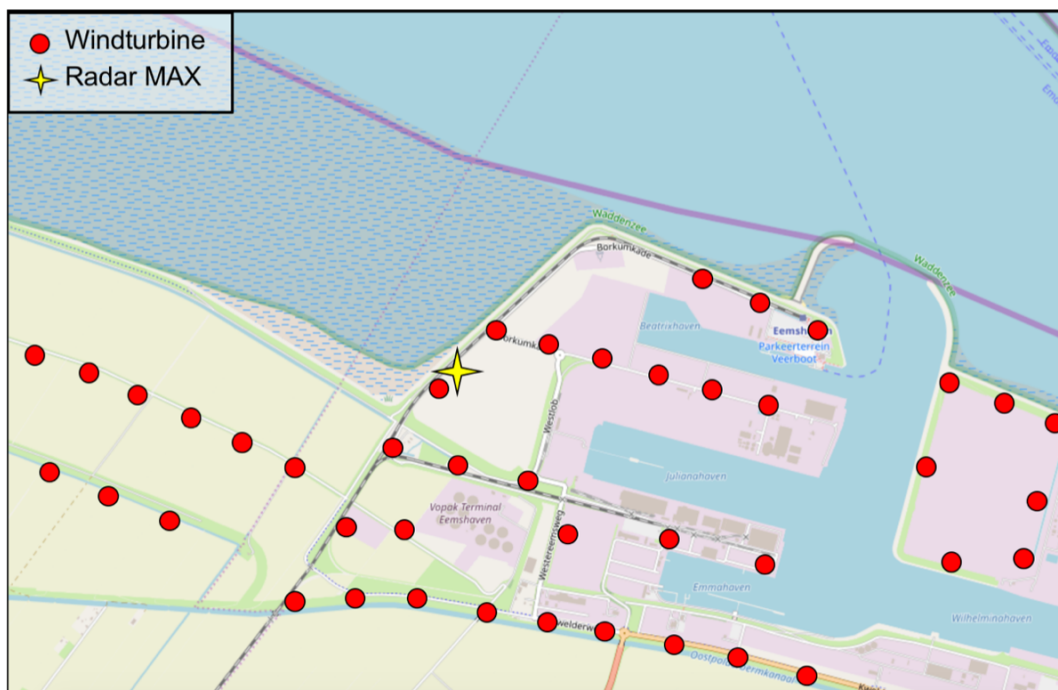
Sinds de zomer van 2018 werkt Bureau Waardenburg met de innovatieve 3D-vogelradar MAX® (kortweg: MAX) die is ontwikkeld door Robin Radar Systems (Figuur 2.1). Door zijn unieke ontwerp met een stapeling van radarbundels, is MAX in staat om van alle vogels binnen zijn bereik het vliegpad in 3D te registreren. Iedere seconde maakt de radar een nieuw beeld van zijn omgeving, waardoor het vlieggedrag van vogels in veel detail onderzocht kan worden. De vogelgegevens worden, samen met de gegevens die verzameld worden door het aan het systeem gekoppelde weerstation, automatisch opgeslagen in een database. MAX is een zelfstandig opererend systeem, waardoor het mogelijk is om gedurende langere tijd (in dit geval tweemaal 2 à 3 maanden) continu (24/7) te meten. De radar is voorzien van automatische tracking software, waardoor automatisch vliegpaden van vogels worden gevormd. Daarnaast wordt met de classificatie software automatisch onderscheid gemaakt tussen vogels en andere bewegende objecten zoals vliegtuigen en auto's. De vogels zelf worden geclassificeerd in vier grootteklassen: kleine vogel, middelgrote vogel, grote vogel en een groep vogels wat ook wel een *flock* wordt genoemd. De classificatie van vogels in grootteklassen vindt plaats op basis van de kenmerken van de reflectie. Er is sprake van veel variatie in de reflecties van vogels als gevolg van de bewegingen tijdens de vlucht en de daardoor veranderende vorm van de vogel, afstand tot de radar en oriëntatie van de vogel ten opzichte van de radar. Het gevolg hiervan is dat er sprake is van overlap tussen de verschillende grootteklassen. Zo wordt bijvoorbeeld een kokmeeuw soms een kleine vogel en soms een grote vogel en kan bijvoorbeeld een kleine mantelmeeuw als middelgrote of als grote vogel geclassificeerd worden. Voor dit onderzoek is het relevant dat zangvogels in ieder geval over het algemeen als kleine vogel (of als *flock*) worden geclassificeerd.

2.1.2 Locatie

In augustus 2018 is MAX op een aantal locaties in de Eemshaven uitgetest. Het is voor het onderzoek belangrijk dat de radar in een zo groot mogelijk gebied goed zicht heeft op de vliegbewegingen van vogels op turbinehoogte (en daarboven). Daarnaast is het van belang dat een deel van het bestaande windpark in de Eemshaven binnen het bereik van de radar ligt. Ook de beschikbaarheid van een stroomaansluiting en de mogelijkheid om de radar op een veilige manier achter te laten zijn meegenomen bij de selectie van een geschikte locatie. Uiteindelijk is een locatie aan de westzijde van de Eemshaven geselecteerd, langs de Borkumkade (Figuur 2.2).



Figuur 2.1 3D-vogelradar MAX®. Het weerstation dat aan het radarsysteem is gekoppeld is hier bevestigd op de pilon.



Figuur 2.2 Locatie van MAX in de Eemshaven en de locatie van bestaande windturbines in de Eemshaven in de omgeving van MAX. Bron ondergrond: OpenStreetMap Nederland.



Met name in westelijke richting had MAX op deze locatie vrij zicht op zowel laagvliegende vogels, als op vogels boven turbinehoogte. De stroomvoorziening is geregeld door Growind / Topwind vanuit de offshore testturbine waar MAX naast stond (Figuur 2.3). In verband met de beveiliging is de radarantenne op het dak van een zeecontainer geïnstalleerd. Dit leverde ook een beter zicht van de radar over de (zee)dijk op. De computers zijn in de geklimatiseerde ruimte in de container opgesteld.



Figuur 2.3 Standplaats MAX (in de rode cirkel) in de Eemshaven naast de offshore testturbine (2B-Energy).

2.1.3 Meetperiode

In het najaar van 2018 en het voorjaar van 2019 is gedurende enkele maanden de vogeltrek (en vliegbewegingen van lokale vogels) continu vastgelegd. De focus lag hierbij op de nachtelijke trek, dus onderhoudswerkzaamheden aan de radar hebben, indien mogelijk, altijd overdag plaatsgevonden. In het najaar zijn gegevens verzameld in de periode 12 september tot en met 30 november 2018 en in het voorjaar in de periode 1 maart tot en met 13 mei 2019.

In het najaar van 2018 heeft de radar na 20 november niet goed meer gefunctioneerd. Daarom wordt de periode 21 november tot 30 november in dit rapport verder buiten beschouwing gelaten. Op 20 november waren alle belangrijke nachten voor het onderzoek al achter de rug, zoals nachten waarin turbines stil zijn gezet voor het stilstandsonderzoek en nachten met intensieve vogeltrek. Dit betekent dat het weglaten van de periode 21 november tot 30 november geen consequenties heeft voor het onderzoek.



In het voorjaar van 2019 is de eerste week van maart benut om de radar (weer) optimaal in te stellen, zodat de metingen uit het najaar goed vergelijkbaar zouden zijn met de metingen in het voorjaar. In deze eerste week heeft het ook veel geregend waardoor sowieso weinig goede gegevens verzameld kon worden. In dit rapport wordt de eerste week van maart (tot 8 maart 2019) daarom verder buiten beschouwing gelaten. De eerste belangrijke nacht in het voorjaar (nacht waarvoor slachtoffergegevens zijn verzameld door A&W) vond plaats op 11/12 maart. Tegen die tijd draaide de radar goed.

2.2 Validatie

2.2.1 Furuno radar(s)

Zowel in het najaar als in het voorjaar zijn in de Eemshaven op een aantal avonden en ochtenden met (een) mobiele Furuno scheepsradar(s) in verticale positie gegevens verzameld van de flux en vlieghoogte van vogels. Deze radar(s) is/zijn steeds haaks op de overheersende trekrichting opgesteld (NW-ZO). De gegevens zijn gebruikt om een vergelijking te maken met de fluxen en vlieghoogtes die MAX op hetzelfde moment en op dezelfde plaats verzameld heeft. Zodoende is een goed beeld verkregen van de detectiecapaciteit van de 3D-vogelradar en is het mogelijk om de gegevens die voor de gehele onderzoeksperiode met MAX zijn verzameld beter te duiden.

In het najaar zijn tijdens vijf bezoeken gegevens verzameld (Tabel 2.1), telkens gedurende enkele uren in de avond (na zonsondergang) en enkele uren in de ochtend (voor zonsopkomst), met één Furuno radar in verticale positie. Hierbij heeft de Furuno radar op drie verschillende posities gestaan (Figuur 2.4). Tijdens alle veldbezoeken in het najaar is gebruik gemaakt van een 25 kW Furuno scheepsradar.

Tabel 2.1 Overzicht van de avonden en ochtenden waarop ten behoeve van de validatie van de MAX-data gegevens zijn verzameld met één (najaar) of twee (voorjaar) verticaal opgestelde Furuno scheepsradars. De weergegeven tijden betreffen de lokale tijd (UTC +1 wintertijd of +2 zomertijd).

Nacht	Locatie (Fig. 2.4)	Zon		Zon op	Ochtendmetingen
		onder	Avondmetingen		
3/4 okt.	1	19:13	20:53 – 23:00	07:47	06:25 – 08:29
10/11 okt.	1	18:57	20:01 – 22:00	07:59	06:44 – 08:25
17/18 okt.	2	18:41	20:00 – 22:00	08:11	06:00 – 08:00
31/1 okt/nov	1	17:13	17:37 – 19:39	07:36	05:30 – 07:30
8/9 nov.	1	16:58	17:03 – 19:02	07:51	05:30 – 07:45
11/12 maart	1	18:37	19:30 – 20:45	07:03	04:50 – 06:48
19/20 maart	1 & 2	18:51	18:45 – 21:00	06:44	04:40 – 07:00
28/29 maart	1 & 2	19:07	19:00 – 21:15	06:23	04:15 – 06:15
10/11 april	1 & 2	20:30	20:25 – 22:30	06:53	04:30 – 07:00
17/18 april	1 & 2	20:42	20:30 – 22:45	06:37	04:30 – 06:45
1/2 mei	1 & 2	21:06	21:00 – 23:15	06:08	03:45 – 06:00



In het voorjaar zijn ook tijdens zes bezoeken gegevens verzameld (Tabel 2.1), maar dit keer met twee Furuno radars in verticale positie. In het voorjaar is tijdens ieder bezoek standaard gedurende de eerste twee uur na zonsondergang en de laatste twee uur voor zonsopkomst met de radars gemeten. Hierbij zijn twee vaste posities gehanteerd. Op de Emmapolderdijk (locatie 2 in Figuur 2.4) is in het voorjaar telkens gebruik gemaakt van een 25 kW Furuno scheepsradar en direct ten noorden van MAX (locatie 1 in Figuur 2.4) is in het voorjaar telkens een 12 kW Furuno scheepsradar ingezet.



Figuur 2.4 Locaties die gebruikt zijn voor het onderzoek met de Furuno scheepsradars in de Eemshaven in het najaar van 2018 en het voorjaar van 2019. De rode balk geeft het totale bereik van de verticale radarbundel weer (in werkelijkheid is de radarbundel breder dan de weergegeven smalle lijn; het betreft een uitlopende waaier vanaf de radar). De blauwe en groene stroken representeren vakken 2 en 4, waarvan de gegevens in de analyse zijn gebruikt (zie § 2.3.5 en Figuur 2.5).

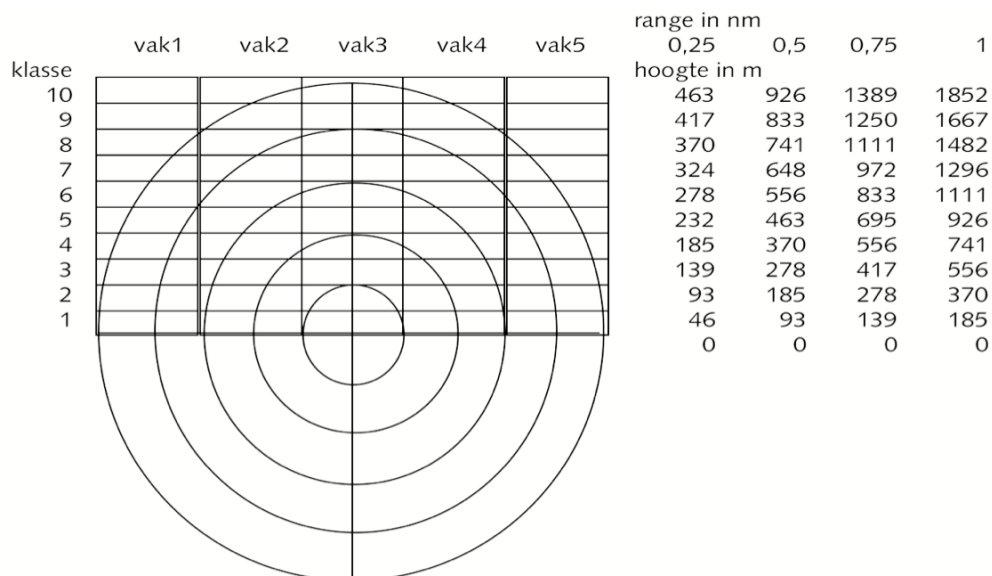
Met het opvoeren van de intensiteit en de verdergaande standaardisering van het onderzoek in het voorjaar, zijn meer en betere gegevens verzameld om de vergelijking tussen de Furuno scheepsradar(s) en de MAX-radar te kunnen maken. Daarnaast boden de simultane metingen met verschillende radars op verschillende locaties ook meer mogelijkheden voor analyses van ruimtelijke patronen in de trek.

De Furuno radars zijn steeds ingesteld op een bereik van 0,5 NM (*nautical mile*) wat overeenkomt met een bereik vanaf de radar van 926 meter. Dit is visueel weergegeven met een rode lijn in Figuur 2.4. De verticaal opgestelde Furuno radars hebben hetzelfde bereik in de hoogte (Figuur 2.5). MAX heeft in theorie een horizontaal bereik van maximaal 15 km (in een cirkel om de radar) en maximaal twee kilometer hoogte (op optimale afstand van de radar). Dit maximale bereik geldt alleen voor zeer grote (groepen) vogels en voor



situaties waarin geen verstorende elementen tussen de radar en het object aanwezig zijn. Voor kleine vogels is het bereik aanzienlijk beperkter.

In het veld zijn de beelden van de Furuno scheepsradars *live* geïnterpreteerd door waarnemers. Met een overlay over het radarscherm is het beeld opgedeeld in vijf vakken (horizontaal) en tien hoogteklassen (Figuur 2.5). De gegevens zijn op een gestandaardiseerde manier digitaal ingevoerd in een speciaal daarvoor ontwikkelde applicatie (Radarturf). Daarbij is van iedere echo weergegeven in welk vak en welke hoogteband het aanwezig was. Daarnaast is ook de richting van de echo geregistreerd (naar rechts, naar links of midden door de bundel). Met behulp van een *grabber* is iedere drie seconden een foto van het beeldscherm van de radar gemaakt, zodat indien nodig achteraf dingen teruggezocht konden worden in de vastgelegde radarbeelden.



Figuur 2.5 Overlay met hoogteklassen en horizontale vak-indeling met behulp waarvan vogelecho's visueel/handmatig zijn vastgelegd. Aangegeven is per bereik ('range') met welke maximum hoogte elke hoogteklasse correspondeert, tijdens dit onderzoek is standaard gewerkt met range 0,5 NM. In de Eemshaven besloeg vak 2 altijd de 'zeekant' boven Rommelhoek (in Figuur 2.4 weergegeven met een blauwe lijn) en vak 4 de 'landkant' (in Figuur 2.4 weergegeven met een groene lijn).

Tijdens de eerste meting met twee Furuno radars in het voorjaar (11/12 maart) kon door technische problemen met één van de radars (op de Emmapolderdijk, locatie 2 in Figuur 2.4) geen gegevens worden verzameld. Voor die nacht zijn daarom alleen gegevens van locatie 1 beschikbaar voor analyse.



2.2.2 Geluidsopnamen

Tijdens de nachten dat met Furuno scheepsradars in de Eemshaven is gemeten (Tabel 2.1), zijn gedurende de gehele nacht geluidsopnamen verzameld met een Sony LS11 (najaar) of een audiomoth (voorjaar). Dit zijn kleine apparaatjes waarmee automatisch (vogel)geluiden kunnen worden geregistreerd. Met behulp van deze gegevens is een beeld verkregen van de soorten die tijdens deze nachten over de Eemshaven trokken. Niet alle soorten roepen tijdens de trek, dus het overzicht is niet compleet. Desalniettemin vormen deze gegevens een mooie aanvulling op de radargegevens, die alleen inzicht geven in het formaat (in ordegrootte) van de vogels en niet in het soortenspectrum.

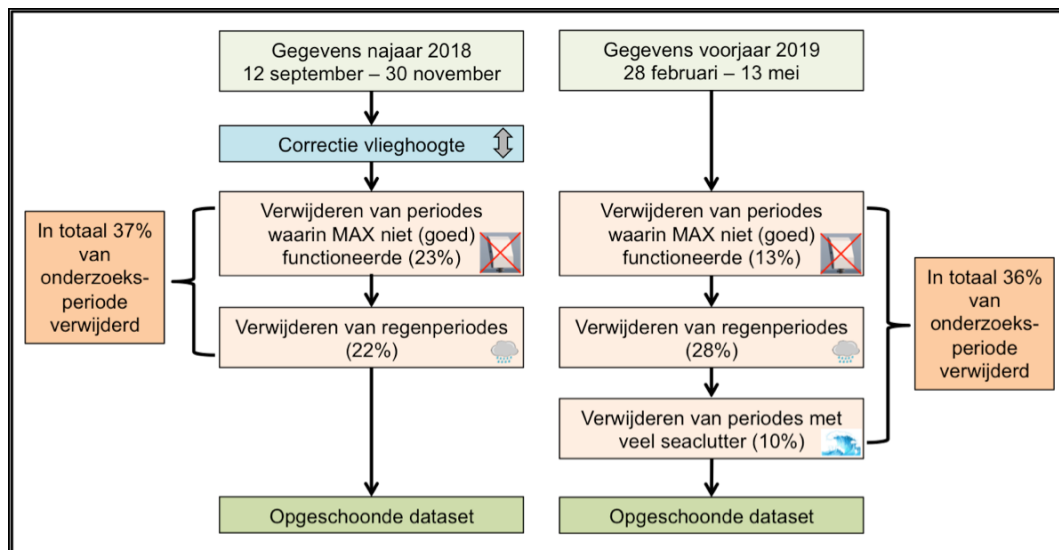
2.3 Data analyse

2.3.1 Tijdzone

MAX verzamelt standaard alle gegevens in UTC (Universeel Gecoördineerde Tijd). Tijdens de wintertijd is dit 1 uur vroeger dan Nederlandse tijd en tijdens zomertijd 2 uur vroeger. De gegevens van de weerradar waar de UvA mee werkt zijn ook in UTC. Om verwarring te voorkomen bij de vergelijking tussen radars en bij de overgang van wintertijd naar zomertijd en andersom is gekozen om niet te transponeren naar Nederlandse tijd. Alle tijden in grafieken in dit rapport zijn dus weergegeven in UTC. Een uitzondering wordt gevormd door de gegevens die gerelateerd zijn aan de Furuno scheepsradars (zoals bijvoorbeeld in Tabel 2.1). Die gegevens zijn wel verzameld in Nederlandse tijd (GMT/UTC +1 of +2).

2.3.2 Database opschonen

Na beide onderzoeksperiodes (najaar 2018 en voorjaar 2019) is de verkregen dataset eerst 'opgeschoond' alvorens over te gaan tot de selectie van relevante vliegbewegingen (zie § 2.3.3). Hierbij zijn periodes waarin om verschillende redenen geen (goede) data zijn verzameld uit de datasets voor verdere analyse verwijderd. De stappen die hiervoor zijn doorlopen zijn hierna in detail beschreven. In Figuur 2.6 is het gehele proces schematisch weergegeven.



Figuur 2.6 Schematisch overzicht van het opschonen van de databases die in het najaar van 2018 en het voorjaar van 2019 met MAX zijn verzameld. De pictogrammen die in dit schema zijn weergegeven komen in de tekst bij de desbetreffende onderdelen terug.

Correctie voor gemeten hoogte (najaar 2018)



In de gegevens van het najaar bleek achteraf de positie van MAX (en dan vooral de hoogte) een aantal keer veranderd te zijn als gevolg van een herstart van het systeem. Bij zo'n herstart is de positie van de radarantenne bepaald aan de hand van een meting met de geïntegreerde GPS van het radarsysteem. De z-waarde in een GPS-meting kent echter een relatief grote onnauwkeurigheid, waardoor de hoogte van MAX gedurende de meetperiode een aantal keren enkele meters veranderd is (niet fysiek, maar wel in de database). Omdat de hoogte van de radarantenne gebruikt wordt als referentie voor de vlieghoogte van de vogels, zat in de vastgelegde vlieghoogtes dezelfde variatie in hoogte over de tijd. Dit is achteraf gecorrigeerd, zodat de vlieghoogte van alle vogels is bepaald op basis van dezelfde referentiehoogte. Hierbij is het maaiveld in de Eemshaven als nulpunt gehanteerd, omdat ook de hoogte van de rotoren van de windturbines in de Eemshaven op basis van datzelfde referentiepunt wordt uitgedrukt. In het voorjaar is vervolgens voorkomen dat de variatie in hoogte nogmaals op zou treden. Dit is bereikt door handmatig de hoogte van de radarantenne in te voeren en vast te zetten in het systeem (met wederom het maaiveld in de Eemshaven als nulpunt). Voor de voorjaarsgegevens was een dergelijke hoogtecorrectie daarom niet nodig.



Periodes met verminderde functionaliteit van MAX

Zowel in het najaar als in het voorjaar heeft MAX enkele dagen en/of nachten niet of niet constant gedraaid. Dit had verschillende oorzaken variërend van stroomuitval tot problemen met de hardware of software van het radarsysteem. Dit heeft ertoe geleid dat zowel in het najaar als in het voorjaar een aantal (korte) periodes uit de dataset zijn verwijderd waarin de radar niet (goed genoeg) functioneerde. Na een herstart van het radarsysteem is ook steeds het eerste kwartier uit de dataset weggelaten, omdat het systeem die tijd nodig had om in te regelen (Bijlage I).



In het najaar is 23% van de totale meetperiode (12 september – 30 november, zowel dagen als nachten) vervallen als gevolg van problemen met het radarsysteem. Ongeveer de helft van deze tijd betreft de periode van 20-30 november waarin MAX nauwelijks gedraaid heeft en die in zijn geheel is weggelaten uit de analyses. Dit heeft geen gevolgen voor het onderzoek, omdat alle zoekrondes voor slachtoffers tegen die tijd al waren uitgevoerd en de vogeltrek voor het overgrote deel voorbij was. In het voorjaar is 13% van de totale meetperiode (28 februari – 13 mei, dagen en nachten) vervallen als gevolg van problemen met het radarsysteem. Dit betreft voor een groot deel de eerste week (28 februari – 7 maart) waarin MAX opnieuw werd ingesteld volgens dezelfde instellingen als die in het najaar zijn gebruikt. In deze eerste week zijn nog geen zoekrondes voor slachtoffers uitgevoerd en was de voorjaarstrek ook nog niet op gang gekomen (en daarnaast regende het een groot deel van de tijd).

Periodes met regen



Als het regent schakelt MAX automatisch het regenfilter in. Wanneer dat gebeurt wordt voorkomen dat regen ten onrechte voor vogels wordt aangezien. Ondanks dit regenfilter ziet de radar tijdens regenperiodes minder tot geen vogels (afhankelijk van de duur en intensiteit van de regen). In de database wordt bijgehouden wanneer het regenfilter actief is en in welk percentage van het radarbeeld dit het geval is. Deze informatie is voor iedere seconde (iedere omwenteling van de radarantenne) beschikbaar. Dergelijke regenperiodes zijn zowel voor het najaar als voor het voorjaar geïdentificeerd en vervolgens uit de database gefilterd, omdat in deze periodes geen of minder vogels door de radar zijn gedetecteerd. Hierbij zijn de volgende beslisregels gehanteerd:

- Wanneer in een seconde in meer dan 5% van het radarbeeld het regenfilter actief was, is die seconde gemarkeerd als 'regenseconde'.
- Wanneer in een minuut 30 of meer 'regenseconden' aanwezig waren, is de minuut gemarkeerd als 'regenminuut'.
- Zowel voor het najaar als voor het voorjaar is voor de gehele meetperiode per uur een overzicht gemaakt van het aantal regenminuten. Op basis van dit overzicht zijn 'regenperiodes' aangemerkt, met als kleinste eenheid een uur. Er is geen vast aantal regenminuten per uur gehanteerd op basis waarvan een uur wel of niet tot regenperiode is benoemd.

Voor het verwijderen van regenperiodes uit de database zijn zoveel als mogelijk aaneengesloten regenperiodes gehanteerd om versnippering van de gegevens over de tijd te voorkomen (Bijlage I). In enkele gevallen zijn een paar uur met weinig tot geen regen in een verder aaneengesloten lange periode met meer hevige regenval toch opgenomen in een regenperiode, terwijl in andere gevallen een solitair uur met enkele minuten regenval is behouden in de dataset. In het najaar is zodoende 22% van de totale meetperiode (dagen en nachten) vervallen als gevolg van regen. In het voorjaar betrof dit 28% van de totale meetperiode (dagen en nachten).

Periodes met filtering voor seaclutter (voorjaar 2019)



In het voorjaar was na een software update van het radarsysteem ook informatie beschikbaar over het percentage van het beeld waarin het filter voor *seaclutter* actief was. *Seaclutter* wordt veroorzaakt door golven/branding en kan het zicht van de radar op vogels belemmeren. Voor dit clutterfilter zijn dezelfde beslisregels gebruikt



als hiervoor beschreven voor het regenfilter. In het voorjaar is daarmee 10% van de totale meetperiode (zowel dagen als nachten) vervallen als gevolg van *seaclutter* (Bijlage I). De periodes met *seaclutter* vallen overigens grotendeels samen met regenperiodes.

Integratie

Periodes met een verminderde functionaliteit van de radar overlappen soms met regenperiodes. En regenperiodes overlappen voor een groot deel met periodes met *seaclutter*. De hiervoor genoemde percentages kunnen daarom niet bij elkaar opgeteld worden. Voor het najaar is uiteindelijk 37% van de totale meetperiode (12 september – 30 november, zowel dagen als nachten) niet meegenomen in de analyses. In het voorjaar betreft dit 36% van de totale meetperiode (28 februari – 13 mei, dagen en nachten). Alle nachten waarvoor A&W slachtoffergegevens heeft verzameld zitten (deels) in de dataset voor de analyses, wat betekent dat hiervoor grotendeels droge nachten zijn geselecteerd waarin de radar goed functioneerde.

Incomplete uren

Omdat het wel of niet goed functioneren van MAX niet in hele uren, maar op het precieze tijdstip is bepaald, zitten er nog een aantal incomplete uren in de database voor de analyses. Voor deze uren is geen MTR berekend (zie Bijlage II). Wel zijn de vastgelegde vliegbewegingen in deze (incomplete) uren betrokken in de meer algemene analyses van bijvoorbeeld vlieggedrag.

Foutieve classificaties

Op momenten dat onderzoekers in het veld bij de 3D-vogelradar aanwezig waren en tevens visuele waarnemingen verzamelden, is een aantal maal waargenomen dat de radar een groot aantal korte tracks registreerde, allemaal parallel aan de windrichting en door de radar geclassificeerd als 'kleine vogel'. In het veld zijn op dat moment met zekerheid visueel geen vogels waargenomen, wat betekent dat de classificatie als 'kleine vogel' niet juist is. Mogelijk betrof het op de wind drijvende deeltjes (zaadpluizen, stof) of insecten. Een nadere analyse tijdens één van deze 'events' toonde aan dat de tracks gegenereerd werden door zeer kleine objecten die wat betreft reflectie rond de ondergrens lagen van wat nog als kleine vogel werd geclassificeerd.

Het gevolg van dit soort 'events' is dat tijdelijk een groot aantal tracks van kleine vogels in de database wordt opgeslagen die in werkelijkheid geen kleine vogels betreffen. Op dit moment bestaat er helaas nog geen methode om deze foutieve tracks uit de database te filteren. Het is derhalve mogelijk dat een dergelijk 'event' in de hier gepresenteerde gegevens aanwezig is. Tracks van 'objecten' of insecten die zich niet in de trekrichting bewegen zijn uit de datasets voor de analyses gefilterd (zie § 2.3.3). Echter, als de windrichting gelijk is aan de trekrichting, is mogelijk onterecht een hoge trekintensiteit gerapporteerd voor een moment waarop veel zaadpluizen, stof of insecten door de lucht zweefden. In steekproeven van goede treknachten in het najaar van 2018 en het voorjaar van 2019 zijn dergelijke 'events' niet vastgesteld, al is dat zonder koppeling met visuele gegevens niet met 100% zekerheid vast te stellen.

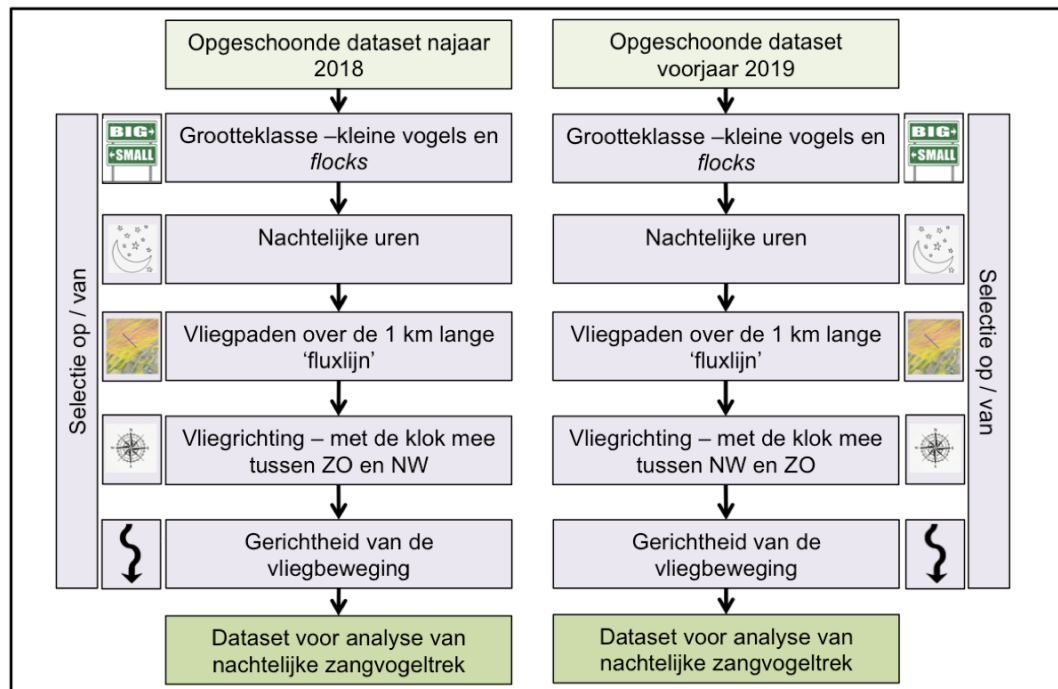


Bij de integratie van de gegevens van MAX en de weerradar zal worden nagegaan of momenten naar voren komen waarop MAX een zeer hoge trekintensiteit van kleine vogels heeft gemeten, terwijl de weerradar geen vogeltrek heeft geregistreerd. Die momenten zullen nader worden geanalyseerd om vast te stellen of het (naar alle waarschijnlijkheid) vogels betreft die MAX heeft waargenomen of dat het om andere kleine zwevende objecten of insecten kan gaan.

Een ander voorbeeld van een waargenomen type foutieve classificatie betreft het effect van grote objecten die heel sterk reflecteren zoals bijvoorbeeld een groot schip, een (natte) windturbine of een dichtbij passerende vrachtwagen. Achter dit soort objecten detecteert MAX vaak een lijn of waaier van *flocks* (groepen vogels) die er in werkelijkheid niet zijn. Het is op heden nog niet goed mogelijk om met het automatische filter van de radar of met handmatige controle van de dataset dit soort sterke / verstorende reflecties er helemaal uit te halen. Daarom zijn dergelijke foutieve classificaties nog niet verwijderd uit de gegevens die gebruikt zijn voor de analyses in dit rapport. Ook hiervoor geldt dat wanneer bij de analyse en integratie van de gegevens momenten naar voren komen met een afwijkend / raar patroon, kan worden nagegaan of het daadwerkelijk groepen vogels betreft of dat het om een foutieve classificatie van *clutter* gaat.

2.3.3 Selectie van relevante vliegbewegingen

De focus van het onderzoek in de Eemshaven ligt op de **nachtelijke seizoenstrek van zangvogels**. MAX legt echter alle vogels in zijn omgeving vast. Dit betekent dat in de database zowel vliegbewegingen van lokale vogels als van trekkende vogels zijn opgenomen. Het is niet mogelijk om met 100% zekerheid de trekvogels van de lokale vogels te onderscheiden. Er zijn echter wel een aantal selectiestappen doorlopen om zo veel mogelijk vliegbewegingen van lokale vogels uit de datasets voor de analyses te verwijderen en deze datasets ook te beperken tot nachtelijke seizoenstrek van zangvogels. De doorlopen selectiestappen zijn schematisch weergegeven in Figuur 2.7.



Figuur 2.7 Schematisch overzicht van de selectiestappen om zo goed mogelijk te komen tot een dataset die representatief is voor de nachtelijke trek van zangvogels. De pictogrammen die in dit schema zijn weergegeven komen in de tekst bij de desbetreffende onderdelen terug.



Selectie op grootteklasse

MAX deelt alle vogels op in vier grootteklassen: grote vogel, middelgrote vogel, kleine vogel en *flock* (oftewel groep vogels). Omdat voor de ontwikkeling van het voorspellingsmodel voor de stilstandsvoorziening alleen de zangvogeltrek van belang is, zijn alle vliegpaden van grote vogels en middelgrote vogels buiten beschouwing gelaten. Zangvogels worden door MAX namelijk als kleine vogel geclassificeerd. De ervaring tot nu toe leert dat ook (iets) grotere vogels dan zangvogels als kleine vogel worden geclassificeerd. Met het selecteren van de 'kleine vogels' zijn daardoor niet zuiver alleen zangvogels geselecteerd, maar waarschijnlijk ook kleinere steltlopers, eenden en meeuwen.

In de analyses zijn ook de *flocks* meegenomen, omdat dit deels ook kleine vogels betreft. Omdat in de *flocks* ook grote(re) vogels zijn opgenomen worden de resultaten voor de 'kleine vogels' en de '*flocks*' in dit rapport wel steeds (ook) gescheiden gepresenteerd, zodat het aandeel van iedere klasse in het eindresultaat duidelijk is. In de berekening van de trekintensiteit wordt een *flock* steeds meegeteld als één vogel, om te compenseren voor de groepen grote en middelgrote vogels en om overschatting van de trekintensiteit van zangvogels zoveel mogelijk te voorkomen.



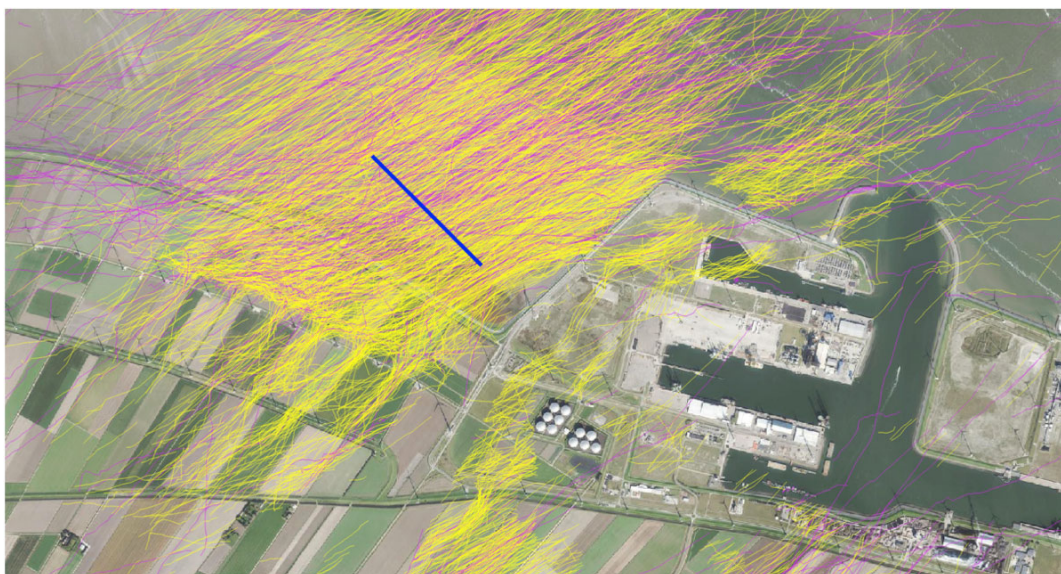
Tijd van de dag (nacht)

Voor het voorspellingsmodel is alleen de nachtelijke zangvogeltrek relevant. Daarom zijn voor veel analyses alleen de vliegpaden uit de nachtelijke uren geselecteerd. De kleinste tijdseenheid is een uur. Standaard is het uur waarin de zon ondergaat en het uur waarin de zon opkomt tot de nacht gerekend.



Ruimtelijke selectie

In de database zijn alle vliegbewegingen opgenomen binnen het totale bereik van de radar. Als gevolg van de aanwezigheid van obstakels in de omgeving van de radar, zoals windturbines, schepen en energiecentrales, heeft MAX niet in alle richtingen goed zicht. Om op een gestandaardiseerde manier een flux te kunnen berekenen is de analyse beperkt tot een gebied waar MAX goed zicht heeft en waar alle aanwezige vogels in de onderste luchtlagen (enkele honderden meters) worden gedetecteerd door de radar. Dit gebied betreft het getijdengebied 'Rommelhoek' ten westen van MAX. Binnen dit gebied is een denkbeeldige lijn van 1 kilometer lengte getrokken die precies noordwest – zuidoost georiënteerd is, haaks op de overheersende trekrichting (Figuur 2.8). Alleen de vliegpaden van kleine vogels en *flocks* die deze lijn passeren zijn geselecteerd voor de analyses.



Figuur 2.8 *Vliegpaden van kleine vogels (geel) en flocks (paars) die op 18 oktober 2018 tussen 20:00 en 20:10 (UTC) in de Eemshaven door MAX zijn geregistreerd. Boven 'Rommelhoek', het getijdengebied ten westen van de radar, wordt het zicht van de radar niet geblokkeerd door obstakels. In dit gebied is een lijn van 1 kilometer lengte getrokken die precies noordwest – zuidoost georiënteerd is. Alleen de vliegpaden die deze lijn passeren zijn meegenomen in de analyses.*



Vliegrichting

In het najaar is de overheersende trekrichting zuidwest en in het voorjaar noordoost. Van vogels die 180° de andere kant op vliegen kan uitgesloten worden dat ze op trek zijn. Voor de gegevens uit het najaar van 2018 zijn daarom alleen vogels met een vliegrichting tussen zuidoost en noordwest (met de klok mee) in de



analyses meegenomen. Voor de gegevens uit het voorjaar van 2019 zijn alleen vogels met een vliegrichting tussen noordwest en zuidoost (wederom met de klok mee) meegenomen.

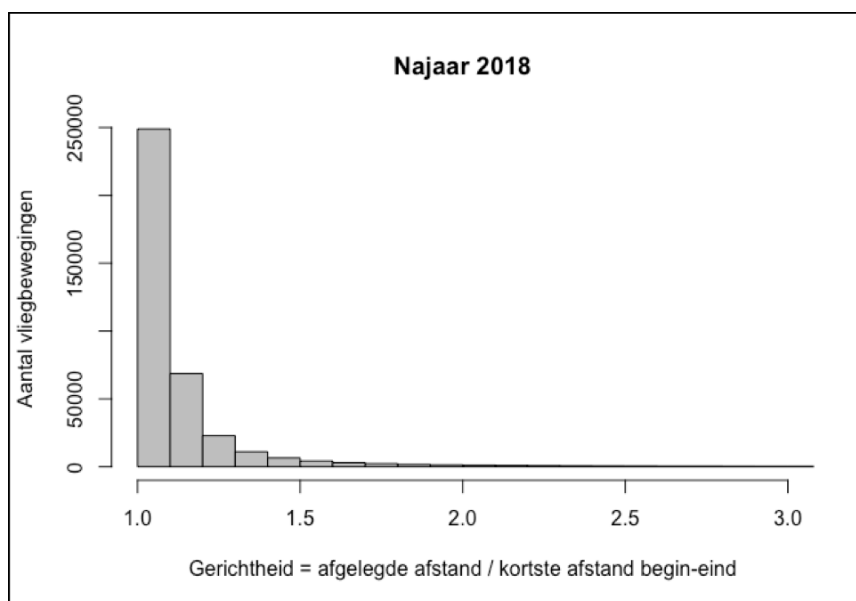


Gerichtheid van de vliegbeweging

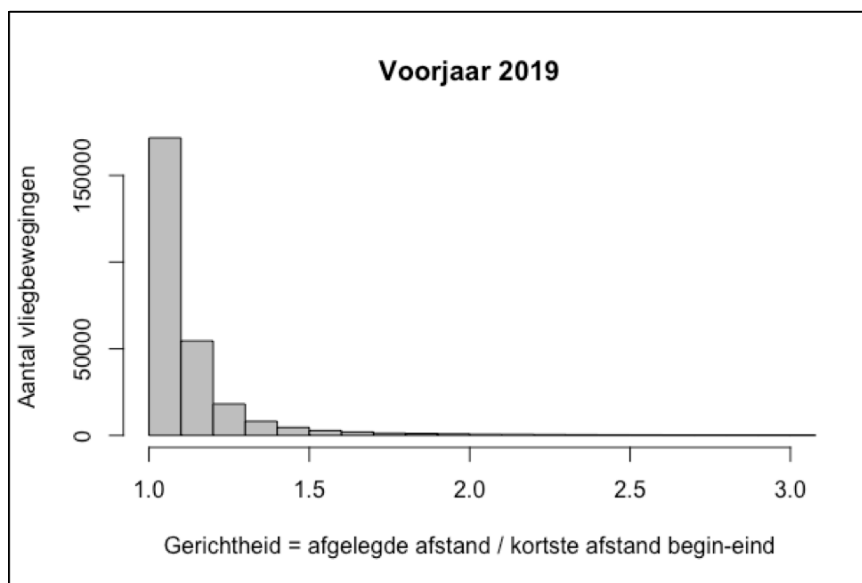
Vogels die op trek zijn vliegen over het algemeen in een relatief rechte lijn over.

Lokale vogels vertonen daarentegen vaker zwervend of zoekend gedrag dat gepaard kan gaan met cirkelen, zigzaggen en heen en weer vliegen. Met de 'gerichtheid' van een vliegbeweging wordt bedoeld op de verhouding tussen enerzijds de kortste afstand tussen begin- en eindpunt van de vlucht en anderzijds de werkelijk afgelegde afstand. Wanneer voor een kaarsrechte vlucht de afgelegde afstand wordt gedeeld door de kortste afstand is het resultaat 1. Voor een cirkelende of zigzaggende vogel zal de afgelegde afstand (veel) groter zijn dan de kortste afstand tussen begin en eindpunt. Voor alle tracks die resteren na de hiervoor beschreven selectiestappen (afgezien van de selectie op tijd van de dag, ook de tracks die overdag zijn gemeten zijn in deze deelanalyse in beschouwing genomen), is voor zowel het najaar als het voorjaar een histogram gemaakt van de verdeling van de 'gerichtheid' van de vliegpaden (Figuur 2.9, Figuur 2.10).

Zowel in najaar 2018 als in voorjaar 2019 was het grootste deel van de vliegbewegingen gericht. Op basis van deze verdelingen is besloten om alle vliegpaden met een waarde voor de 'gerichtheid van de vlucht' groter dan 1,5 uit de datasets voor de analyses te filteren. Deze vliegpaden zijn dermate 'kronkelend' dat de kans dat ze van lokale vogels afkomstig zijn aanzienlijk groter is dan de kans dat ze betrekking hebben op trekkende vogels. Ter illustratie zijn voor twee nachten (25/26 september en 10/11 oktober 2018) tien vliegpaden met een gerichtheid van 1,5 in 2D gevisualiseerd (Figuur 2.11, Figuur 2.12). In het najaar had 6,4% van de vliegpaden een gerichtheid van 1,5 of groter, in het voorjaar was dit 5,4%.



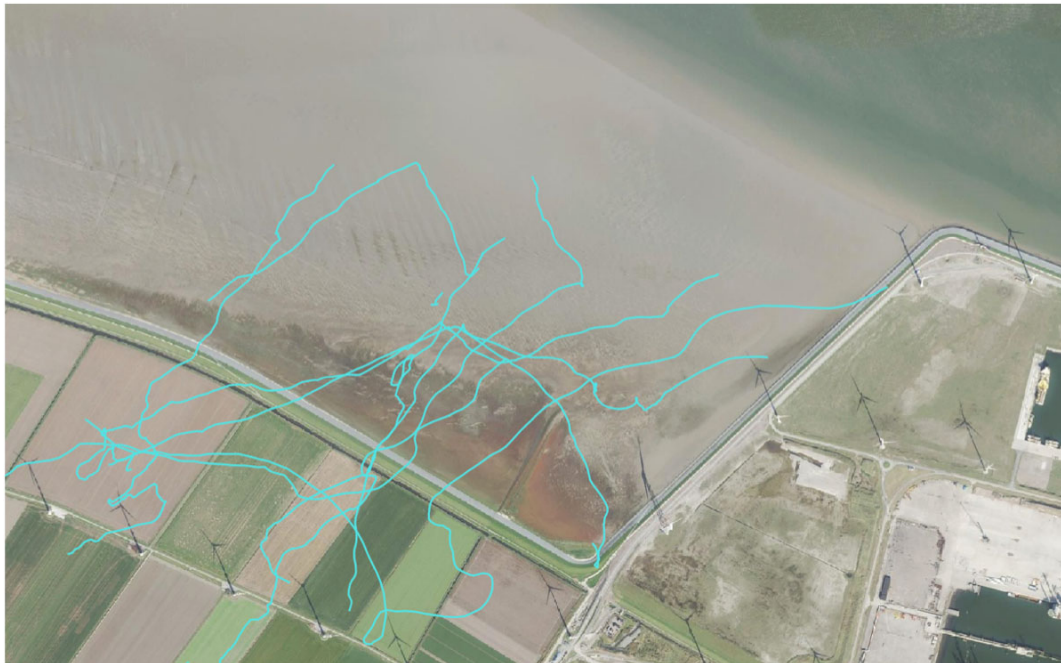
Figuur 2.9 Verdeling van de gerichtheid van de vluchten in het najaar van 2018.



Figuur 2.10 Verdeling van de gerichtheid van de vluchten in het voorjaar van 2019.



Figuur 2.11 Tien vliegbewegingen die geregistreerd zijn in de nacht van 25 op 26 september 2018 met een gerichtheid van ca. 1,5 en vliegrichting tussen ZO en NW. De afgelegde afstand is 1,5 keer zo groot als de kortste afstand tussen begin en eind van de vlucht. Het betrof in alle gevallen hoogstwaarschijnlijk lokale vogels en geen vogels op trek.



Figuur 2.12 Tien vliegbewegingen die geregistreerd zijn in de nacht van 10 op 11 oktober 2018 met een gerichtheid van ca. 1,5 en vliegrichting tussen ZO en NW. De afgelegde afstand is 1,5 keer zo groot als de kortste afstand tussen begin en eind van de vlucht. Het betrof in alle gevallen hoogstwaarschijnlijk lokale vogels en geen vogels op trek.

2.3.4 Berekening flux

De vliegintensiteit, ook wel de flux genoemd, wordt uitgedrukt als het aantal vogels per kilometer per uur. Dit wordt in het Engels aangeduid als de *Mean Traffic Rate of Migration Traffic Rate* (MTR). Om MTR's te berekenen voor het najaar en het voorjaar is per uur het aantal vogels (alleen kleine vogels en *flocks*) geteld dat de 1 kilometer lange lijn (Figuur 2.8) boven de Rommelhoek passeert.

Doordat deze fluxlijn 1 km is, is bij een vliegrichting loodrecht op de fluxlijn het aantal tracks dat per uur de lijn passeert gelijk aan de MTR. Bij een afwijkende vliegrichting is de effectieve fluxlijn korter dan 1 km. Dit wordt geïllustreerd in Figuur 2.13.

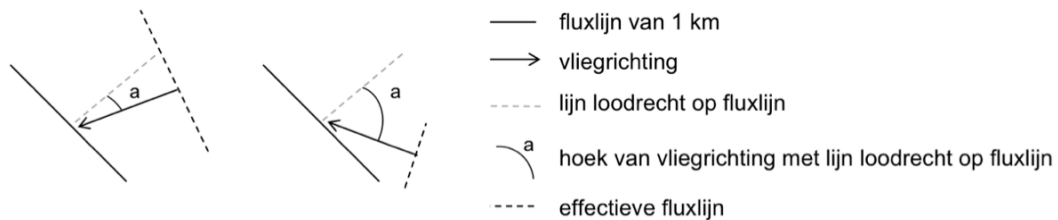
Aangezien de MTR per definitie per km is, moet de 'effectieve fluxlijn' gecorrigeerd worden. Op basis van de hoek tussen de vliegrichting en de loodlijn op de fluxlijn (hoek a in Figuur 2.13) kan het aantal passages van de fluxlijn omgerekend worden naar MTR:

$$MTR_t = \frac{\text{aantal passages fluxlijn binnen uur } t}{\cos(a_t)}$$

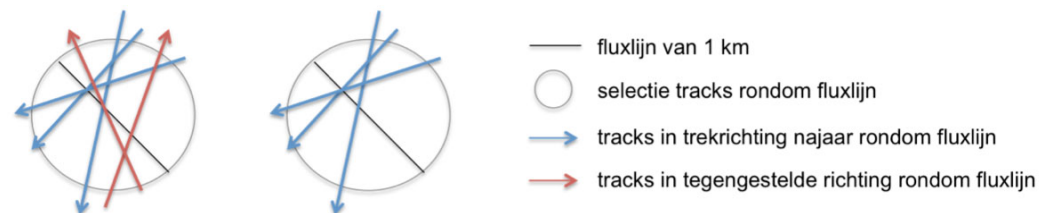
Hierbij is t het uur waarvoor de MTR bepaald wordt, en a_t de gemiddelde hoek met de loodlijn op de fluxlijn op basis van de gemiddelde vliegrichting tijdens uur t . Aangezien de vliegrichting van kleine vogels en *flocks* kan verschillen, is hoek a zowel bepaald voor kleine vogels als voor *flocks* en voor kleine vogels en *flocks* samen. Voor het bepalen van



de gemiddelde vliegrichting per uur zijn de tracks rondom de fluxlijn geselecteerd (zie Figuur 2.14). Op deze manier is de kans op alle vliegrichtingen gelijk (bij selectie op een fluxlijn is de kans op vliegrichtingen die sterker afwijking van de loodrechte lijn op de fluxlijn kleiner). Uit deze tracks zijn alleen vliegbewegingen in trekrichting gefilterd.



Figuur 2.13 Afhankelijkheid effectieve fluxlijn van vliegrichting. Bij een vliegrichting loodrecht op de fluxlijn is de effectieve fluxlijn (onderbroken lijn) 1 km. Wanneer de vliegrichting sterker afwijkt van loodrecht op de fluxlijn, is de effectieve fluxlijn korter.



Figuur 2.14 Selectie tracks voor het bepalen van gemiddelde vliegrichting.

Op basis van bovenstaande vergelijking geeft dit voor ieder uur de MTR van kleine vogels, van *flocks*, en van kleine vogels en *flocks* samen. Hierbij zijn alleen vliegbewegingen tot 300 meter hoogte meegenomen. Boven 300 meter loopt de detectiecapaciteit van MAX voor kleine vogels sterk terug (zie vergelijking MAX en Furuno radar in § 3.4). In het najaar betrof 1,6% van de tracks over de fluxlijn vliegbewegingen boven 300 meter en in het voorjaar 2,6%.

In aanvulling op de trekintensiteit per uur voor alle hoogtes tot 300 meter, is het van belang om een indruk te krijgen van de trekintensiteit op rotorhoogte. Hiertoe is de MTR voor drie hoogteklassen bepaald: onder rotorhoogte, op rotorhoogte en boven rotorhoogte. Voor het bepalen van de gemiddelde rotorhoogte van het huidige windpark in de Eemshaven, zijn de karakteristieken van de bestaande windturbines in de Eemshaven gebruikt (d.d. juli 2019). De gemiddelde tiphoogte van deze windturbines bedraagt 143 meter, en de gemiddelde tiplaagte bedraagt 56 meter. Uit voorzorgsprincipe is de grens voor 'rotorhoogte' iets breder genomen, zodat tracks die (gemiddeld) net buiten deze range vallen toch onder de noemer rotorhoogte vallen. Op basis hiervan zijn alle tracks met een gemiddelde vlieghoogte tussen 50 en 150 meter geclassificeerd als "op rotorhoogte". Alle tracks met een gemiddelde vlieghoogte onder de 50 meter zijn "onder rotorhoogte", en tracks met een gemiddelde vlieghoogte boven 150 meter zijn geclassificeerd als "boven rotorhoogte". Ook in deze analyse zijn de tracks boven 300 meter hoogte buiten beschouwing gelaten.



In dit rapport wordt de MTR van kleine vogels en *flocks* apart weergegeven, zodat duidelijk is wat het aandeel van deze twee classificaties in de totale flux is. *Flocks* betreffen altijd méér dan 1 vogel, maar hoeveel vogels een *flock* precies betreft is niet uit de radargegevens af te leiden. Wel is in het veld geconstateerd dat grotere groepen vogels (enkele tientallen vogels) vaak als meerdere *flocks* worden gedetecteerd. Een track van een *flock* zal daarom over het algemeen enkele tot maximaal enkele tientallen vogels betreffen. Anderzijds zullen *flocks* lang niet altijd kleine vogels betreffen, maar zullen ze ook vaak vliegbewegingen van bijvoorbeeld groepen ganzen, meeuwen of eenden aanduiden. Omdat daar op basis van de verzamelde gegevens geen onderscheid in kan worden gemaakt, is ervoor gekozen om de *flocks* steeds als één vogel te beschouwen in de analyses. Daarbij worden voornoemde kanttekeningen steeds in het oog gehouden en waar nodig is één en ander in de begeleidende teksten nader beschouwd.

2.3.5 Vergelijking met Furuno scheepsradar(s)

Zoals beschreven in § 2.2.1 is op een aantal avonden en ochtenden met Furuno scheepsradars in de Eemshaven gemeten om een indruk te krijgen van de detectiecapaciteit van MAX ten opzichte van deze scheepsradars. In Figuur 2.4 zijn de locaties van de Furuno scheepsradars tijdens het najaar en voorjaar weergegeven. De bundel (oftewel het bereik) van de scheepsradars is in deze figuur weergegeven met een rode lijn. De 'bundel' van MAX, waarbinnen kleine vogels waargenomen kunnen worden, betreft een cirkel met een straal van ca. 2 à 3 km rond de radar. Voor grotere vogels is de straal van deze cirkel groter. Dat betekent dat het bereik van MAX overlapt met het bereik van de Furuno scheepsradars op beide in Figuur 2.4 weergegeven locaties.

Gegevensselectie Furuno scheepsradars

Voor de vergelijking met de MAX-gegevens is alleen gebruik gemaakt van de echo's die in vakken 2 en 4 zijn waargenomen (zie Figuur 2.5). Zodoende is de invloed van detectieverlies voor de Furuno radars beperkt. Dit speelt namelijk in vakken 1 en 5 op grotere afstand van de Furuno radar en in vak 3 vlak boven de Furuno radar een grotere rol dan in vakken 2 en 4. In deze twee vakken is de detectiecapaciteit van de Furuno radar het grootst. Er is een vergelijking gemaakt tussen de trekintensiteit en vlieghoogte boven zee (vak 2) en boven land (vak 4). Alle waargenomen (vogel)echo's in deze vakken zijn in de analyse meegenomen en er is geen verdere selectie op vliegrichting uitgevoerd (dit is ook niet of moeilijk uit de Furuno beelden te destilleren).

Gegevensselectie MAX

Uit de MAX-database zijn tracks geselecteerd voor precies die periodes waarin ook met de Furuno scheepsradar(s) is gemeten. Daartoe zijn de tracks geselecteerd die de in Figuur 2.4 met blauw en groen weergegeven 'fluxlijnen' passeren. Deze blauwe en groene gebieden betreffen exact de 'vakken 2 en 4' die met de Furuno scheepsradars zijn onderzocht (zie hiervoor en Figuur 2.5). Bij de selectie van tracks uit de MAX-database zijn tracks in alle vliegrichtingen meegenomen. Daarnaast zijn alle tracks die als vogel zijn geclassificeerd geselecteerd, dus in dit geval niet alleen de kleine vogels en de *flocks*, maar ook de grote en middelgrote vogels. Dit is gedaan omdat met een Furuno scheepsradar



geen onderscheid gemaakt kan worden tussen vogels van verschillend formaat. Door de gegevens op deze manier te selecteren wordt zo eerlijk mogelijk de door/met beide radars geregistreerde vogels in hetzelfde gebied op hetzelfde moment met elkaar vergeleken.

Vergelijking trekintensiteit

Voor de vergelijking van de trekintensiteit is het aantal vogeltracks per kwartier bepaald. Omdat met de Furuno scheepsradars steeds maar ongeveer 2 uur in de avond en 2 uur in de ochtend is gemeten, is een vergelijking op uren te grof. Daarom is de vergelijking gebaseerd op informatie verzameld in kwartieren. Kwartieren die slechts gedeeltelijk zijn gemeten met de Furuno scheepsradar(s) zijn buiten beschouwing gelaten als de meetperiode binnen het kwartier minder dan 5 minuten bedroeg. Als het meer dan 5 minuten was is het aantal tracks geëxtrapoleerd naar een heel kwartier om het te kunnen vergelijken met de MAX-gegevens.

Vergelijking hoogtebereik

De Furuno scheepsradars waren afgesteld op een bereik van 0,5 NM (maximaal 926 meter hoogte). Tot deze hoogte is daarom iets te zeggen over de detectiecapaciteit van MAX ten opzichte van die van de Furuno scheepsradars. Daartoe zijn alle tracks die met MAX gemeten zijn verdeeld over de tien hoogteklassen waarin de Furuno-gegevens zijn ingedeeld (Figuur 2.5).

Analyses

Ten behoeve van de analyse zijn figuren gemaakt van de gemeten vliegintensiteit en de hoogteverdeling met beide radars. Bij de vergelijking van beide radars is ook aandacht besteed aan de mogelijke invloed van de locatie (Borkumkade of Emmapolderdijk) en waarnemingen boven zee en boven land. Van de factoren 'moment op de dag' (avond of ochtend) en 'periode' (najaar of voorjaar) is aangenomen dat deze niet van invloed zijn op de performance van de radars ten opzichte van elkaar.





3 Resultaten

3.1 Temporele patronen in trekintensiteit

3.1.1 Binnen het seizoen

De trekintensiteit varieert sterk over de tijd. Tabel 3.1 geeft samenvattende statistieken voor zowel het najaar als het voorjaar, waarbij in Tabel 3.1a de totale aantallen tracks zijn weergegeven, zowel op alle hoogtes (tot 300m) als op rotorhoogte. In tabel 3.1b is de gemiddelde trekintensiteit weergegeven. Hierbij is onderscheid gemaakt in kleine vogels en *flocks*. Aangezien de focus van dit project op nachttrekkende zangvogels ligt, is de gemiddelde trekintensiteit alleen voor de nachtelijke uren gegeven.

Tabel 3.1 Statistieken najaar 2018 (12 sept – 20 nov) en voorjaar 2019 (8 maart – 13 mei). a) Aantal tracks van kleine vogels en flocks op alle hoogtes tot 300 meter en op rotorhoogte (50-150m). Percentages geven weer welk percentage van de tracks op alle hoogtes resp. rotorhoogte kleine vogels waren, en welk percentage van de tracks geclassificeerd is als flock. b) de gemiddelde trekintensiteit (MTR, aantal vogels per km per uur) van kleine vogels en flocks voor alleen nachturen. Dit geven we weer voor alle hoogtes tot 300 meter, en voor rotorhoogte.

a. Aantal tracks

	Najaar		Voorjaar	
	Alle hoogtes	Rotor-hoogte	Alle hoogtes	Rotor-hoogte
Aantal tracks in selectie	350.599	127.989	256.086	90.620
Tracks kleine vogels (%)	228.989 (65%)	85.780 (67%)	175.128 (68%)	63.929 (71%)
Tracks flocks (%)	121.610 (35%)	42.209 (33%)	80.958 (32%)	26.691 (29%)

b. Gemiddelde trekintensiteit (MTR – aantal vogels / km / uur)

Classificatie	Periode	Najaar		Voorjaar	
		Alle hoogtes	Rotor-hoogte	Alle hoogtes	Rotor-hoogte
Kleine vogels	nacht	306	120	260	107
Flocks	nacht	129	56	77	34

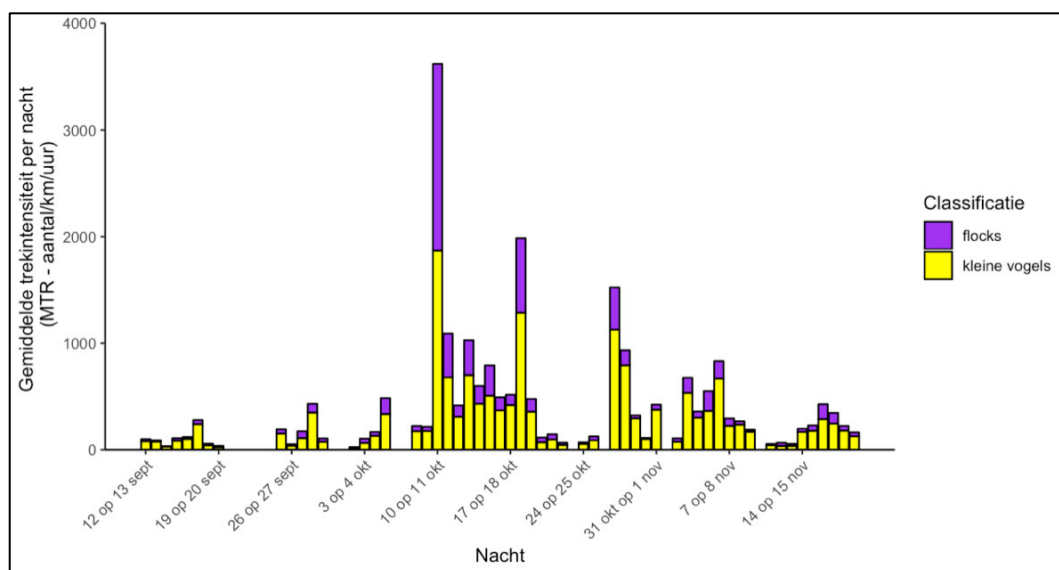
In het najaar omvat de dataselectie ruim 350.000 tracks van kleine vogels en *flocks*. In het voorjaar betrof dit ruim 256.000 tracks. Zowel in het najaar als in het voorjaar betrof *circa* twee derde van de tracks in de dataselectie individuele kleine vogels. De gemiddelde trekintensiteit was in het najaar duidelijk hoger dan in het voorjaar. De gemiddelde trekintensiteit op rotorhoogte betrof zowel in het najaar als in het voorjaar ongeveer 40% van de gemiddelde trekintensiteit op alle hoogtes (tot 300 meter).



Deze variatie in trekintensiteit binnen het seizoen is in Figuur 3.1 en Figuur 3.2 voor zowel kleine vogels als *flocks* weergegeven voor de meetperiode in het najaar van 2018 en het voorjaar van 2019. Ook hier is de trekintensiteit tot 300 meter weergegeven.

Najaar 2018

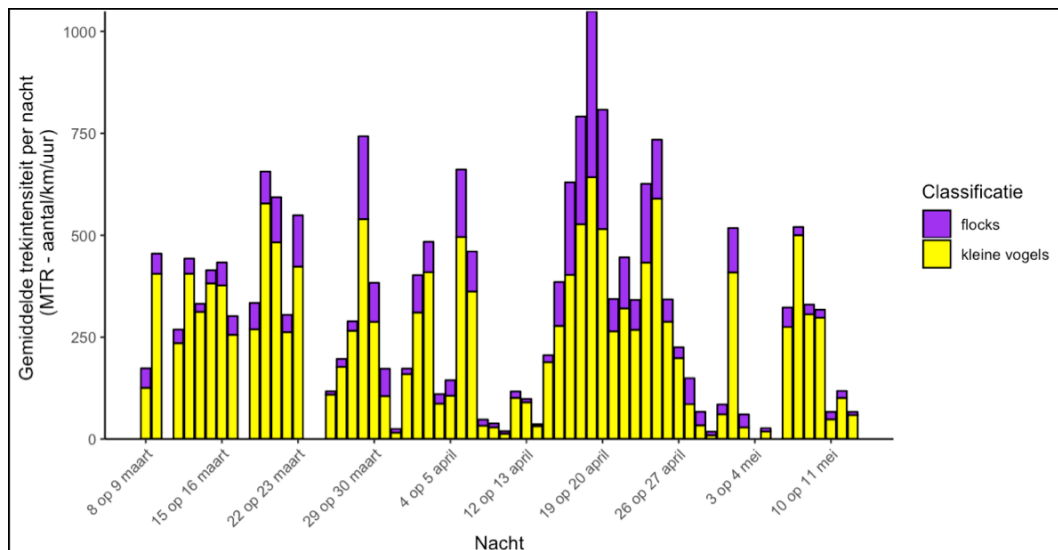
In het najaar was de nachtelijke trekintensiteit niet alleen gemiddeld gezien hoger dan in het voorjaar (zie ook Tabel 3.1), maar de pieken waren in het najaar ook meer uitgesproken dan in het voorjaar. In september was de trekintensiteit vrij laag, waarbij de gemiddelde nachtelijke MTR (kleine vogels + *flocks*) niet boven de 400 vogels per km per uur uit kwam. Vervolgens zijn in oktober een aantal nachten met een zeer hoge trekintensiteit gemeten. Vanaf eind oktober nam de intensiteit weer af. Hierbij moet worden opgemerkt dat in Figuur 3.1 alleen periodes zijn meegenomen waarin de radar betrouwbare resultaten opleverde (geen regen en radar functioneerde goed). Uit de gegevens van de weerradar is bekend dat in het weekend van 5 t/m 7 oktober reeds sprake was van vrij sterke nachtelijke trek. Dit weekend heeft MAX echter niet goed gefunctioneerd, waardoor de gegevens voor die nachten ontbreken. Opvallend zijn met name de pieken in trekintensiteit tijdens de nacht van 10 op 11 oktober en tijdens de nacht van 18 op 19 oktober.



Figuur 3.1 Nachtelijke trekintensiteit van kleine vogels en *flocks* tot 300 meter hoogte gedurende de gehele meetperiode in najaar 2018.

Voorjaar 2019

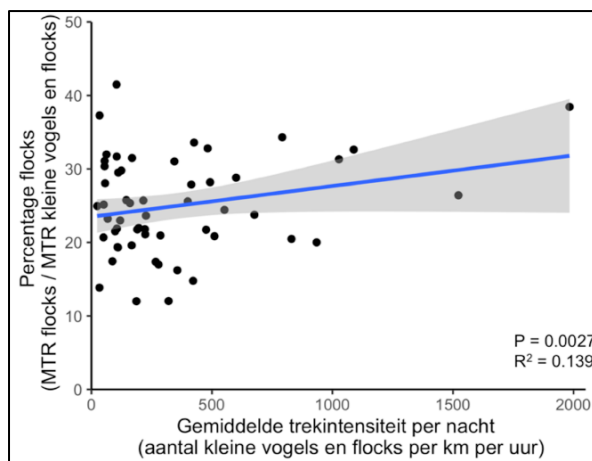
In het voorjaar zijn de pieken in trekintensiteit veel minder uitgesproken dan in het najaar en was sprake van een meer homogene nachtelijke trekintensiteit gedurende het seizoen (Figuur 3.2). In de periode tussen 16 en 19 april is de hoogste nachtelijke trekintensiteit gemeten.



Figuur 3.2 Trekintensiteit kleine vogels en flocks tot 300 meter hoogte gedurende de gehele meetperiode in voorjaar 2019.

Verhouding kleine vogels versus flocks

Zowel in het voorjaar als in het najaar varieerde het aandeel *flocks* tussen de nachten (Figuur 3.1 en Figuur 3.2). Het valt op dat het aandeel *flocks* hoger lijkt tijdens nachten met hoge trekintensiteit. Voor een analyse van dit ogenschijnlijke verband zijn alleen nachten met een gemiddelde MTR van minstens 250 tracks per km per uur geselecteerd, wat neerkomt op 25 nachten in het najaar en 35 nachten in het voorjaar. Zodoende worden alleen de nachten waarin sprake was van enige mate van (zang)vogeltrek meegenomen.



Figuur 3.3 Analyse van het verband tussen het aandeel flocks in de totale flux van kleine vogels en flocks en de gemiddelde MTR per nacht (kleine vogels en flocks). Deze analyse is gebaseerd op nachtelijke uren van nachten waarin sprake was van enige mate van (zang)vogeltrek (gemiddelde MTR minstens 250 tracks per km per uur) in het najaar en in het voorjaar. Blauwe lijn geeft de 'smooth means' o.b.v. een lineair model en geeft de voorspelde trend op basis van dit model weer (significantie P en correlatiecoëfficiënt R^2 rechtsonder). In het grijs wordt het betrouwbaarheidsinterval van dit lineaire model weergegeven.



Voor ieder van deze nachten is in Figuur 3.3 het percentage *flocks* uitgezet tegen de gemiddelde trekintensiteit (op basis van nachtelijke uren). Een lineair model geeft aan dat dit verband tussen trekintensiteit en aandeel *flocks* statistisch significant is. Dit verband heeft waarschijnlijk te maken met de eigenschappen van de radar. Hoe drukker het wordt in het luchtruim rond de radar, hoe meer moeite de radar heeft om individuele vogels te onderscheiden. Dat leidt automatisch tot een groter aantal tracks dat als *flock* wordt geclassificeerd. Het is waarschijnlijk dat een groot deel van de *flocks* in deze nachten kleine vogels betreft, omdat de individuele tracks op die momenten ook hoofdzakelijk kleine vogels betroffen (veel meer dan grote of middelgrote vogels).

3.1.2 Verschillen tussen dag en nacht

Zowel in het najaar als in het voorjaar was de trekintensiteit van kleine vogels tijdens de nachtelijke uren hoger dan overdag. Voor wat betreft de *flocks* was er nauwelijks verschil tussen de gemiddelde trekintensiteit in enkel de nachtelijke uren en de gemiddelde trekintensiteit in de nacht en dag samen (Tabel 3.2). Het aandeel van de flux op rotorhoogte in de nachtelijke uren was vergelijkbaar met het aandeel van de flux op rotorhoogte in de dag en de nacht samen.

Tabel 3.2 Gemiddelde trekintensiteit (MTR, aantal vogels per km per uur) van kleine vogels en *flocks* voor zowel alle uren als alleen nachturen. Dit geven we weer voor alle hoogtes tot 300 meter, en voor rotorhoogte.

Classificatie	Periode	Najaar		Voorjaar	
		Alle hoogtes	Rotorhoogte	Alle hoogtes	Rotorhoogte
Kleine vogels	dag en nacht	226	95	181	74
	nacht	306	120	260	107
<i>Flocks</i>	dag en nacht	114	45	85	33
	nacht	129	56	77	34

3.1.3 Verloop van de trek door de nacht

In de loop van beide trekseizoenen zijn nachten geselecteerd waarin sterke trek werd verwacht (Tabel 3.3 en

Tabel 3.4 3.4). Op de dagen voor en na die nachten heeft A&W naar slachtoffers gezocht onder circa 20 (najaar) à 30 (voorjaar) geselecteerde windturbines. Omdat voor deze nachten informatie beschikbaar is over de mortaliteit van nachtelijk trekkende zangvogels is het interessant om verder in te zoomen op het verloop van de trekintensiteit gedurende deze nachten. Onder de geselecteerde nachten in het najaar waren de drie nachten met de hoogste trekintensiteit (10/11 oktober, 18/19 oktober en 27/28 oktober). Hoewel het voorjaar minder duidelijke pieken heeft, vallen onder de geselecteerde nachten twee van de vijf beste treknachten (bij rangschikking op basis van gemiddelde trekintensiteit was 17/18 april de derde beste treknacht en 28/29 maart de vijfde beste treknacht tijdens het voorjaar).



Tabel 3.3 Geselecteerde nachten voor het najaar. Voor deze nachten is vooraf een hoge trekintensiteit (MTR) voorspeld. De MTR is bepaald voor de tracks van kleine vogels en flocks samen tot 300 meter hoogte. Uur maximum MTR geeft de begintijd in UTC van het uur waarin de trekintensiteit maximaal was. Vetgedrukte regels betroffen de drie beste treknachten in het hele najaar van 2018.

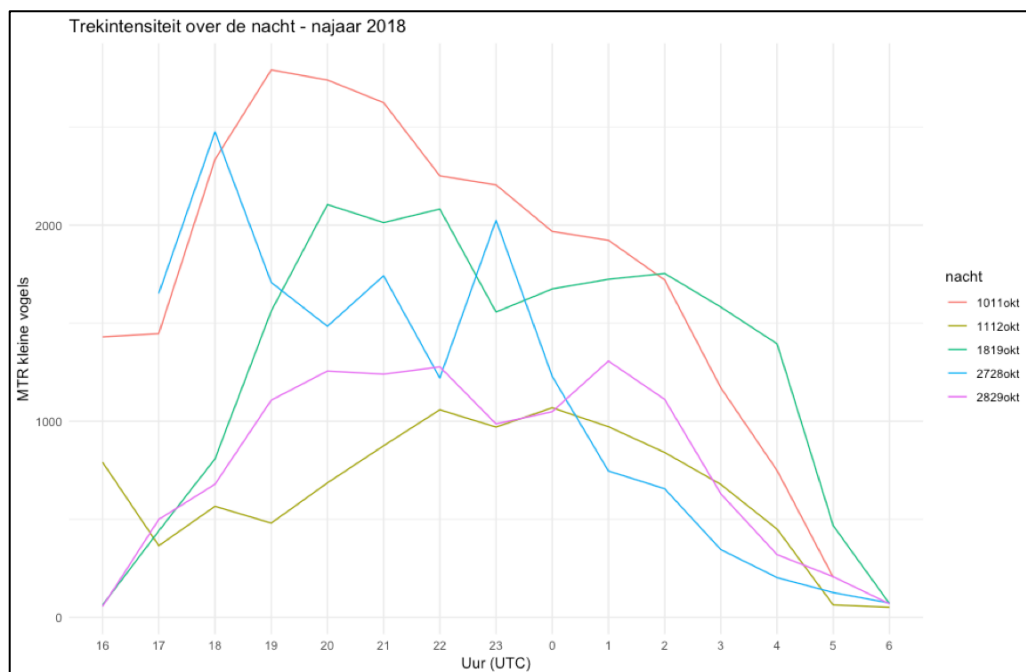
Datum	Gem. MTR	Max. MTR	Uur max. MTR
25/26 september	191	335	0:00
28/29 september	399	866	02:00
9/10 oktober	215	514	01:00
10/11 oktober	3.620	6.451	22:00
11/12 oktober	1.088	2.177	0:00
12/13 oktober	414	733	22:00
15/16 oktober	792	1.755	0:00
16/17 oktober	492	981	0:00
17/18 oktober	510	1.717	4:00
18/19 oktober	1.983	4.025	3:00
27/28 oktober	1.522	3.193	18:00
28/29 oktober	934	1.512	1:00
29/30 oktober	320	503	19:00
5/6 november	552	1.409	22:00
8/9 november	267	996	0:00

Tabel 3.4 Geselecteerde nachten voor het voorjaar. Voor deze nachten werd vooraf een hoge trekintensiteit (MTR) voorspeld. De MTR is bepaald voor de tracks van kleine vogels en flocks samen tot 300 meter hoogte. Uur maximum MTR geeft de begintijd in UTC van het uur waarin de trekintensiteit maximaal was. Vetgedrukte regels behoorden tot de beste vijf treknachten in het hele voorjaar van 2019.

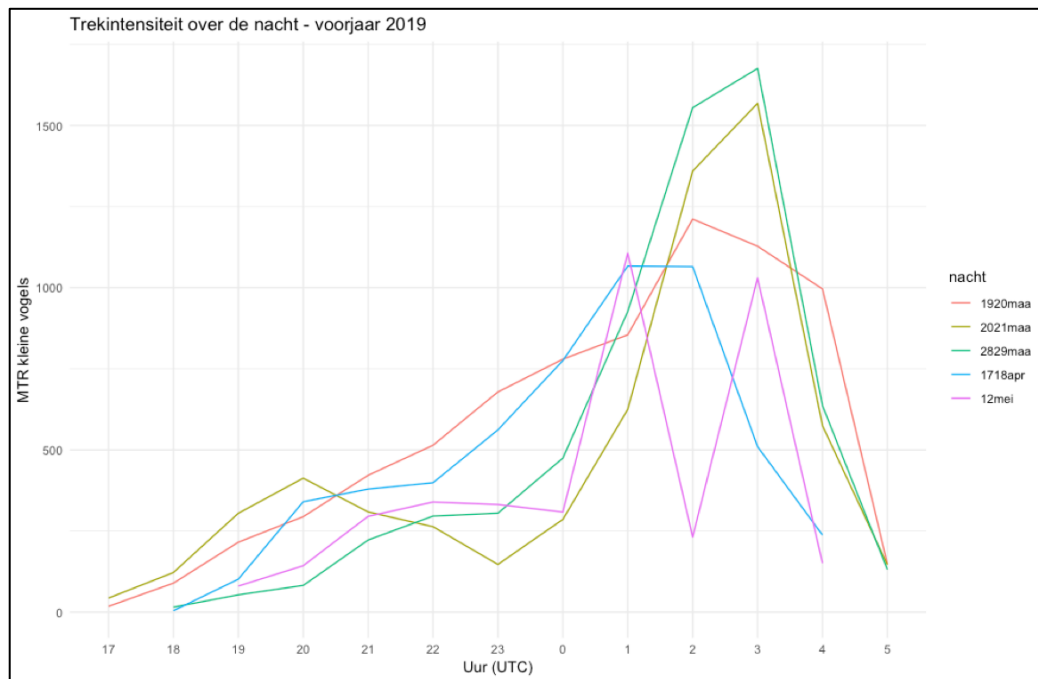
Datum	Gem. MTR	Max. MTR	Uur max. MTR
11/12 maart	267	450	1:00
19/20 maart	655	1362	2:00
20/21 maart	591	1901	3:00
21/22 maart	299	596	21:00
27/28 maart	288	541	1:00
28/29 maart	721	2525	3:00
10/11 april	16	31	4:00
11/12 april	115	316	2:00
17/18 april	791	1707	2:00
25/26 april	341	529	19:00
29/30 april	15	31	3:00
30 april / 1 mei	81	127	22:00
1/2 mei	513	1523	3:00



Van de geselecteerde nachten is zowel voor het najaar als voor het voorjaar voor de vijf geselecteerde nachten met de hoogste gemiddelde MTR het verloop in trekintensiteit over de nacht weergegeven in Figuur 3.4 en Figuur 3.5. In het najaar varieerde het verloop van de trekintensiteit sterk tussen de nachten. Tijdens het voorjaar piekte de trekintensiteit in een aantal geselecteerde nachten tussen 01:00 en 03:00 UTC. Uit gegevens van weerradars verspreid over Nederland, België en Duitsland (<http://www.flysafes-birdtam.eu/profiles.php>) is bekend dat in het voorjaar van 2019 de trek zich vaak op grote hoogte afpeelde, ver boven het bereik van MAX (mogelijk omdat daar de omstandigheden gunstiger waren dan op lagere hoogte). In de ochtend daalden de vogels af naar lagere hoogten en pas op dat moment registreerde MAX (intensieve) trek. Dit zijn de pieken die in een aantal nachten tegen de ochtend optraden (Figuur 3.5).



Figuur 3.4 Verloop van trekintensiteit van kleine vogels over de nacht voor de vijf geselecteerde nachten met de hoogste trekintensiteit in het najaar van 2018.

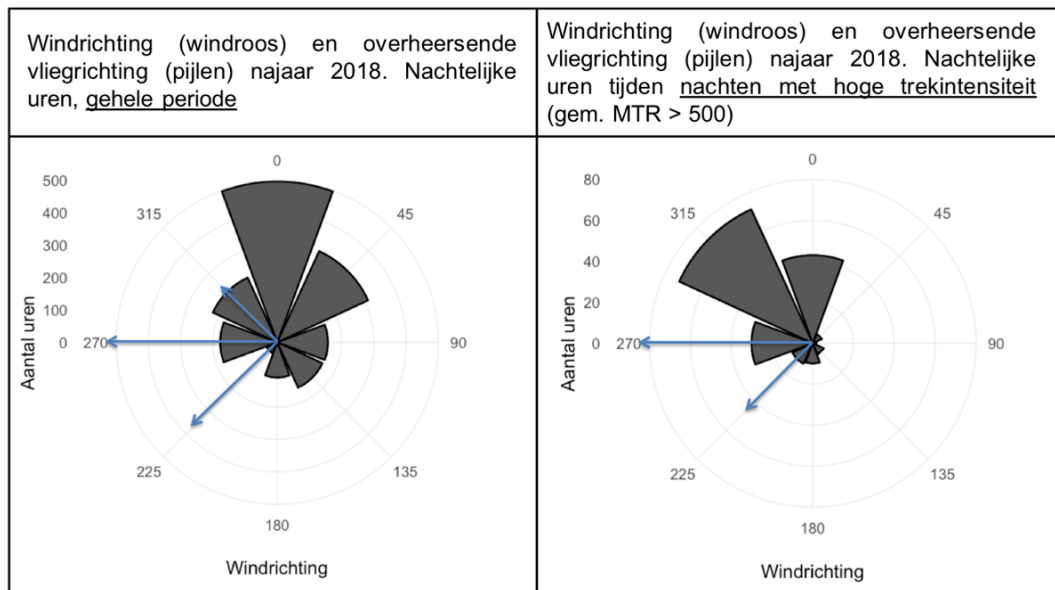


Figuur 3.5 Verloop van trekintensiteit van kleine vogels over de nacht voor de vijf geselecteerde nachten met de hoogste trekintensiteit in het voorjaar van 2019.

3.1.4 Trekintensiteit en vliegrichting in relatie tot windrichting

Binnen de seizoenen

In het najaar was de overwegende windrichting op basis van alle nachten Z – ZW, en dus gericht naar het noorden / noordoosten (Figuur 3.6; linker figuur). Opvallend is dat wanneer alleen goede treknachten worden geselecteerd (met een gemiddelde MTR van minimaal 500 (Figuur 3.6; rechter figuur)), de windrichting tijdens deze nachten overwegend ZO - Z was en dus was gericht naar het noordwesten / noorden. De overwegende trekrichting was in het najaar west, gevolgd door zuidwest (blauwe pijlen in Figuur 3.6). ZO wind, gericht naar het noordwesten, is daardoor iets meer schuin van achteren (en dus iets gunstiger voor trekvogels) dan zijwind uit het zuiden. Dit zou erop kunnen wijzen dat zangvogels nachten met gunstige winden af hebben gewacht om naar hun overwinteringsgebieden te trekken. Dit zou ook een (deel van de) verklaring kunnen zijn voor de uitgesproken pieken in de trek in het najaar.

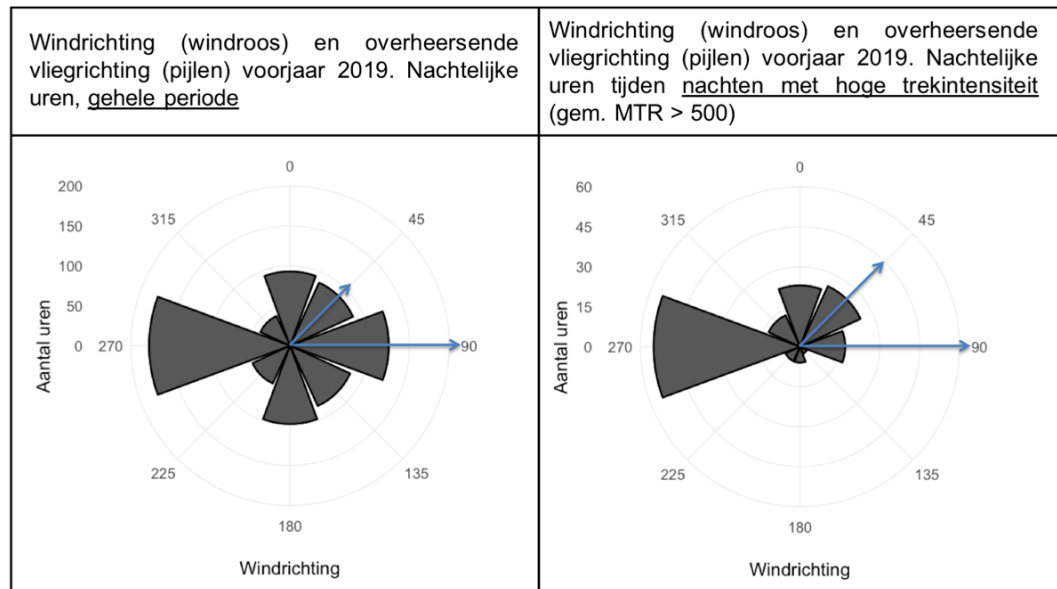


Figuur 3.6 Verdeling van voorkomende windrichtingen in het najaar van 2018 zoals gemeten met het KNMI weerstation in Lauwersoog (gegeven per uur, www.knmi.nl) voor de gehele najaarsperiode (links), en voor de nachten met een gemiddelde MTR van minstens 500 tracks per km per uur (rechts). Ten behoeve van de leesbaarheid is in de figuur weergegeven waar de wind naartoe waait (dus in de linker figuur was de overheersende windrichting uit het zuiden en zuidwesten). De windroos geeft het aantal uren waarin de betreffende windrichting gemeten is, waarbij het aantal uren is weergegeven in de schaal naast de figuur. Pijlen geven de meest voorkomende vliegrichtingen van kleine vogels en flocks weer zoals gemeten met MAX; links o.b.v. alle nachten en rechts o.b.v. nachten met een gemiddelde MTR van minstens 500. De lengte van de pijl geeft de relatieve frequentie van de vliegrichting weer. Alleen vliegrichtingen die samen meer dan 50% van de tracks vertegenwoordigen zijn weergegeven.

In het voorjaar was de meest voorkomende windrichting oostenwind (richting het westen) (Figuur 3.7). Dit gold zowel voor alle voorjaarsnachten samen, als voor enkel de nachten met een gemiddelde nachtelijke MTR boven de 500 tracks per km per uur. Vergeleken met de overheersende trekrichting richting het oosten / noordoosten (blauwe pijlen in Figuur 3.7) is oostenwind geen hele gunstige wind (schuin van voren). De vogels lijken echter geen nachten te selecteren met wind uit een andere richting om naar hun broedgebieden te trekken (Figuur 3.7; rechterfiguur). De vogels hebben in het voorjaar 'meer haast', waardoor de voorjaartrek zich over een kortere periode afspeelt dan de najaarstrek. Mogelijk kunnen ze het zich in het voorjaar niet permitteren om gunstigere winden af te wachten. Een andere verklaring is dat de vogels in het voorjaar van 2019 veel op grote hoogte hebben getrokken (boven het bereik van de 3D-vogelradar). Dit is bekend uit de gegevens van weerradars verspreid over Nederland, België en Duitsland (<http://www.flysafe-birdtam.eu/profiles.php>). Een ongunstige windrichting op lagere hoogte (zoals gemeten door het KNMI) hoeft niet te betekenen dat de omstandigheden op grotere hoogte, waar de meeste vogels zich bevonden, ongunstig waren. Daarnaast was het mogelijk (op lagere hoogte) ook een afwijkend voorjaar met bovengemiddeld vaak wind uit het oosten. Gemiddeld genomen is de overheersende windrichting in Nederland zuidwest



(oftewel wind richting het noordoosten), wat gunstig is voor de voorjaars trek, maar minder gunstig voor de najaars trek.



Figuur 3.7 Verdeling van voorkomende windrichtingen in het voorjaar van 2019 zoals gemeten met het KNMI weerstation in Lauwersoog (gegeven per uur, www.knmi.nl) voor de gehele voorjaarsperiode (links), en voor de nachten met een gemiddelde MTR van minstens 500 tracks per km per uur (rechts). Ten behoeve van de leesbaarheid is in de figuur weergegeven waar de wind naartoe waait (dus in de rechterfiguur was de overheersende windrichting uit het oosten). De windroos geeft het aantal uren waarin de betreffende windrichting gemeten is, waarbij het aantal uren is weergegeven in de schaal naast de figuur. Pijlen geven de meest voorkomende vliegrichtingen van kleine vogels en flocks weer zoals gemeten met MAX; links o.b.v. alle nachten en rechts o.b.v. nachten met een gemiddelde MTR van minstens 500. De lengte van de pijl geeft de relatieve frequentie van de vliegrichting weer. Alleen vliegrichtingen die samen meer dan 50% van de tracks vertegenwoordigen zijn weergegeven.

Geselecteerde nachten

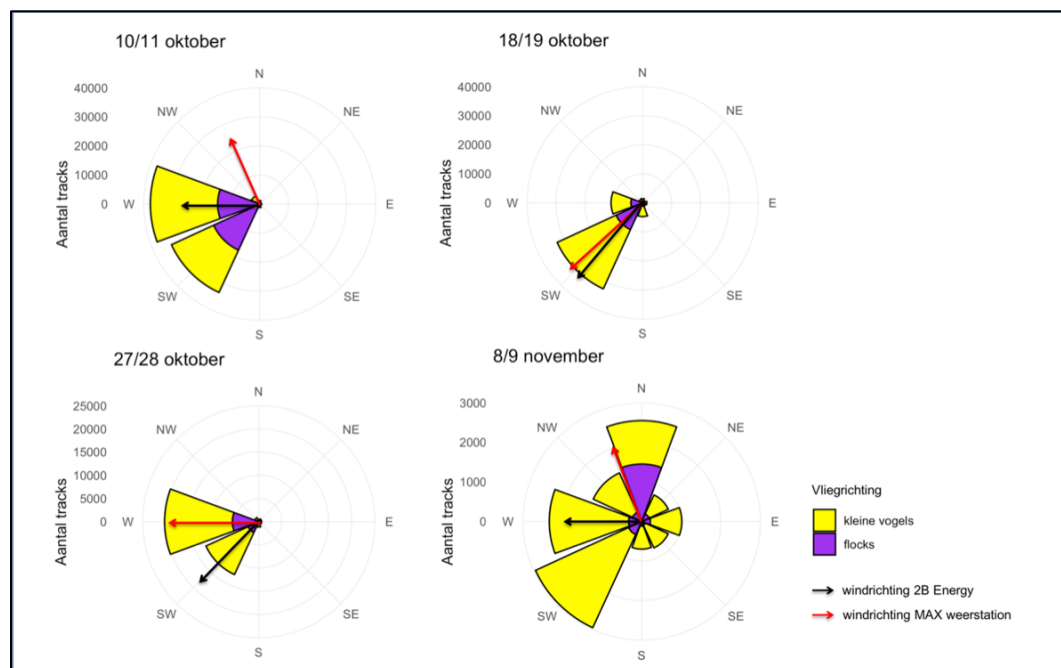
Tijdens een nacht met intensieve vogeltrek is een concentratie van de geregistreerde tracks van kleine vogels en flocks in de trekrichting te verwachten, terwijl in nachten zonder noemenswaardige trek een random verdeling van vliegbewegingen verwacht wordt. In Figuur 3.8 en Figuur 3.9 is voor het najaar en het voorjaar voor de drie geselecteerde nachten (zie § 3.1.3) met de hoogste gemiddelde MTR en een geselecteerde nacht met een lage MTR (waarin uiteindelijk niet of nauwelijks sprake was van trek) weergegeven hoeveel tracks van kleine vogels en flocks in iedere richting geregistreerd zijn. Ook de overheersende windrichting in de betreffende nacht is aangegeven in Figuur 3.8 en Figuur 3.9. Hiervoor zijn zowel meetgegevens van het weerstation van MAX gebruikt (op 3 meter hoogte), als van meetapparatuur in de gondel van de naastgelegen 2B-Energy windturbine van Growind / Topwind (op 105 meter hoogte). Voor ieder meetmoment is de windrichting in graden vertaald naar een windrichting in acht klassen (N, NO, O, etc.). Verschillen in



windrichting tussen de twee weerstations worden mogelijk veroorzaakt door het verschil in hoogte. Bovendien kan ook het verschil in meetapparatuur enige afwijking veroorzaken.

Najaar 2018

Tijdens de drie geselecteerde nachten met de hoogste flux (MTR) in het najaar was sprake van een duidelijke overheersende vliegrichting in westelijke of zuidwestelijke richting (Figuur 3.8). Dit geeft aan dat het gros van de vogels in deze nachten inderdaad op trek was. In de nacht van 8 op 9 november, waarin de trekintensiteit laag was, zijn ook veel vliegbewegingen in andere richtingen geregistreerd (met name ook in noordelijke richting). Dit laat zien dat tijdens deze nacht het aandeel lokale vliegbewegingen hoger is. Dit valt ook op in de schaal in Figuur 3.8: voor de nacht van 10/11 oktober geeft iedere ring 10.000 vliegbewegingen aan (ruim 35.000 vliegbewegingen in westelijke richting), terwijl voor de nacht van 8 op 9 november één ring slechts 1.000 vliegbewegingen weergeeft (<3.000 vliegbewegingen in zuidwestelijke richting).



Figuur 3.8 Aantallen tracks per vliegrichting voor vier geselecteerde nachten in het najaar. De drie nachten in oktober zijn de geselecteerde nachten met de hoogste trekintensiteit van het najaar. De nacht van 8 op 9 november kende een lage trekintensiteit. Paarse vlakken geven flocks weer, en gele vlakken geven kleine vogels weer. De ringen geven de trekintensiteit per vliegrichting (Let op: schalen verschillen per diagram). Pijlen geven de windrichting weer gemeten in de 2B Energy windturbine (op 105 meter hoogte) en met het weerstation van MAX (op 3 meter hoogte). Ten behoeve van de leesbaarheid van de figuur wijzen de pijlen in de richting waar de wind naartoe waait. Oostenwind levert dus een pijl in westelijke richting op.

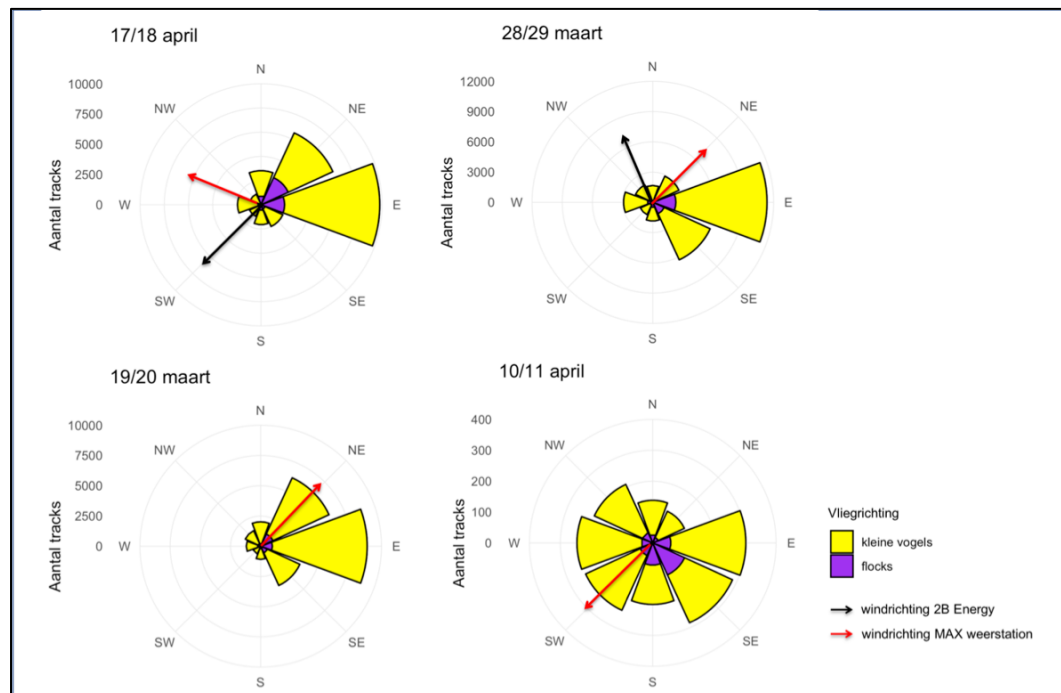
Tijdens de drie geselecteerde nachten met de hoogste MTR's is de windrichting op lage hoogte gunstig voor trek (wind in de rug of schuin van achteren) (zie pijlen in Figuur 3.8). Dit lijkt erop te wijzen dat de vogels in het najaar nachten met gunstige trekomstandigheden



uitkiezen om richting hun overwinteringsgebieden in het zuiden te vliegen. Dit komt overeen met de bevindingen voor het najaar van 2018 als geheel.

Voorjaar 2019

Tijdens het voorjaar is een vergelijkbaar patroon te zien als in het najaar, met in geselecteerde nachten met een hoge flux (MTR) het grootste deel van de vliegbewegingen in de overheersende trekrichting (oost / noordoost) (Figuur 3.9).



Figuur 3.9 Aantallen tracks per vliegrichting voor vier geselecteerde nachten in het voorjaar. 17/18 april, 28/29 maart en 19/20 maart zijn de geselecteerde nachten met de hoogste trekintensiteit van het voorjaar. De nacht van 10 op 11 april is een geselecteerde nacht met een lage trekintensiteit. Paarse vlakken geven flocks weer, en gele vlakken geven kleine vogels weer. De ringen geven de trekintensiteit per vliegrichting (Let op: schalen verschillen per diagram). Pijlen geven de windrichting weer gemeten in de 2B Energy windturbine (zwart, op 105 meter hoogte) en met het weerstation van MAX (rood, op 3 meter hoogte). Voor 19/20 maart en 10/11 april zijn geen gegevens beschikbaar van de meetapparatuur in de 2B Energy turbine. Ten behoeve van de leesbaarheid van de figuur wijzen de pijlen in de richting waar de wind naartoe waait. Oostenwind levert dus een pijl in westelijke richting op.

In de nacht van 10 op 11 april zijn bij een veel lagere flux de vliegbewegingen meer verspreid over alle richtingen. Met name in de nacht van 17 op 18 april vindt de trek plaats bij ongunstige wind op lage hoogte (tegenwind, tot wind schuin van voren). In deze nacht heeft de trek het gros van de nacht waarschijnlijk op grotere hoogte plaatsgevonden, waar de windomstandigheden mogelijk anders zijn dan vlak boven de grond. Dit geldt overigens ook voor de andere twee nachten met een hoge flux in het voorjaar (28/29 maart en 19/20



maart). In deze nachten was de windrichting op lage hoogte echter wel gunstig voor de trek (meewind tot schuin van achteren).

Voorgaande illustreert dat tijdens pieknachten zowel in het voorjaar als in het najaar het gros van de vliegbewegingen trekkende vogels betreft. In nachten waarin weinig vliegbewegingen geregistreerd zijn, lijken lokale vogels een grotere rol te spelen. Deze relatief lage aantallen vliegbewegingen van lokale vogels vallen tijdens pieknachten in het niet bij de hoge aantallen trekvogels.

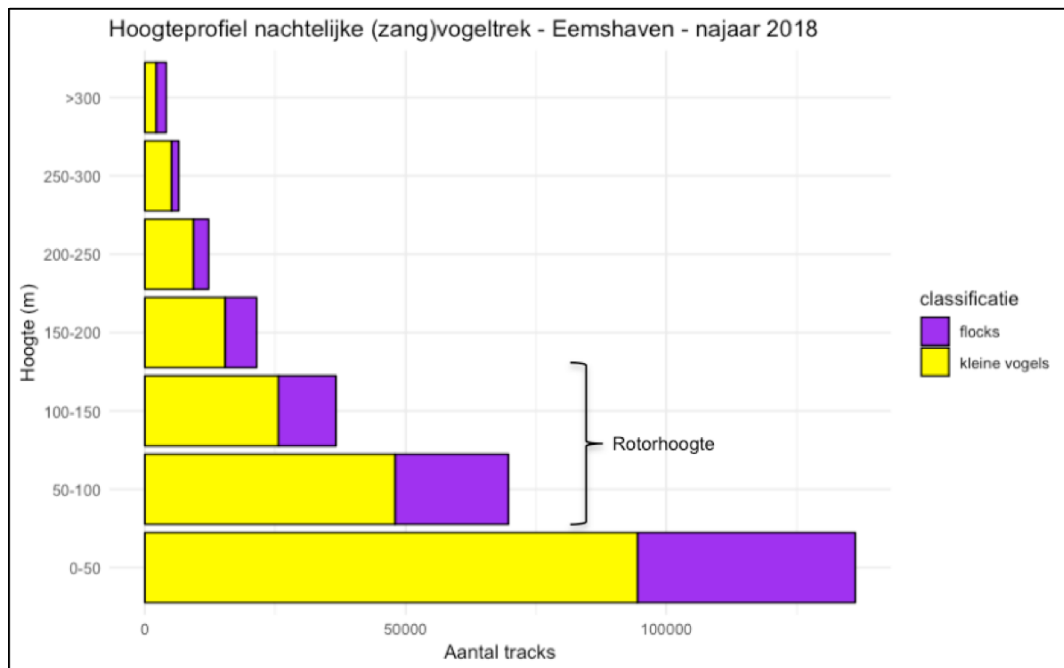
3.2 Vlieghoogte van nachtelijke zangvogeltrek

Naast kennis over fluxen is het voor het bepalen van het aanvaringsrisico van trekvogels bij windturbines ook van belang te analyseren op welke hoogte de vogels vliegen. Alleen een hoge flux op rotorhoogte kan in potentie leiden tot een groot aantal aanvarings-slachtoffers. Wanneer alle vogels op grote hoogte over de windturbines heen vliegen is het aanvaringsrisico gering.

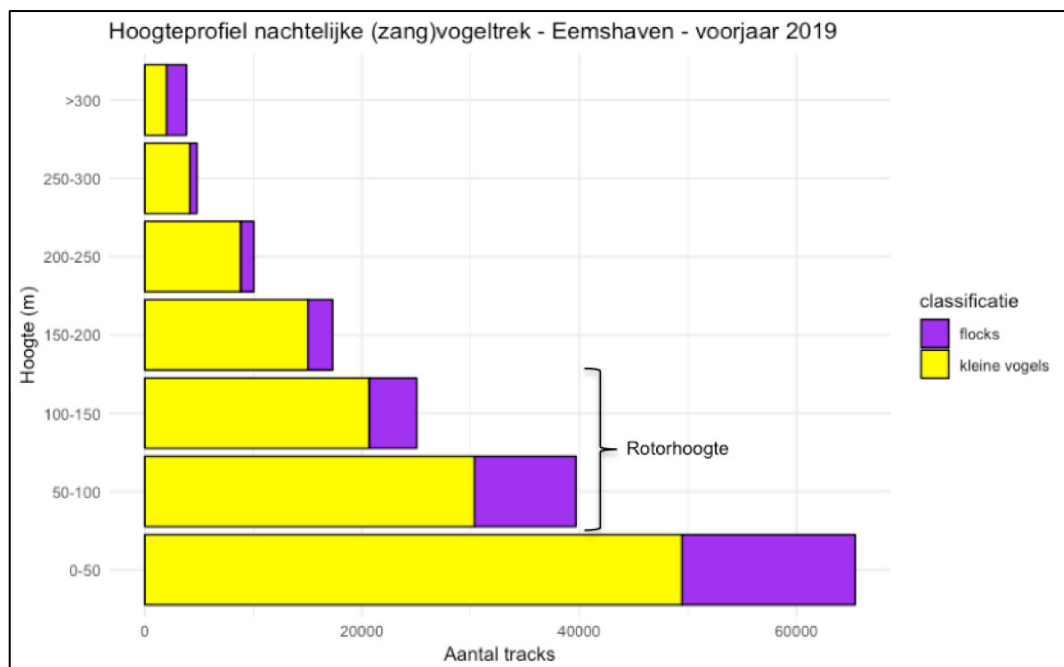
3.2.1 Vlieghoogte van nachtelijke zangvogeltrek in relatie tot rotorhoogte

De verdeling van de aantallen nachtelijke tracks van kleine vogels en *flocks* over verschillende hoogteklassen is voor najaar 2018 weergegeven in Figuur 3.10 en voor voorjaar 2019 in Figuur 3.11. Hierbij valt op dat het aantal tracks tussen 0 en 50 meter (dus relatief dicht bij de grond) duidelijk hoger is dan in andere hoogteklassen, en dat het aantal tracks met hoogte afneemt. Dit geldt zowel voor kleine vogels als voor *flocks*, en zowel voor het najaar als voor het voorjaar.

In het najaar vloog 37% van de kleine vogels op rotorhoogte, 47% onder rotorhoogte, en 15% boven rotorhoogte (waarvan 13% tot 300 meter, 2% boven 300 meter). In het voorjaar was de verdeling per hoogteklaas vergelijkbare met het najaar: 36% van de geregistreerde vliegbewegingen was op rotorhoogte, 43% onder rotorhoogte en 21% boven rotorhoogte (waarvan 17% tot 300 meter, 4% boven 300 meter).



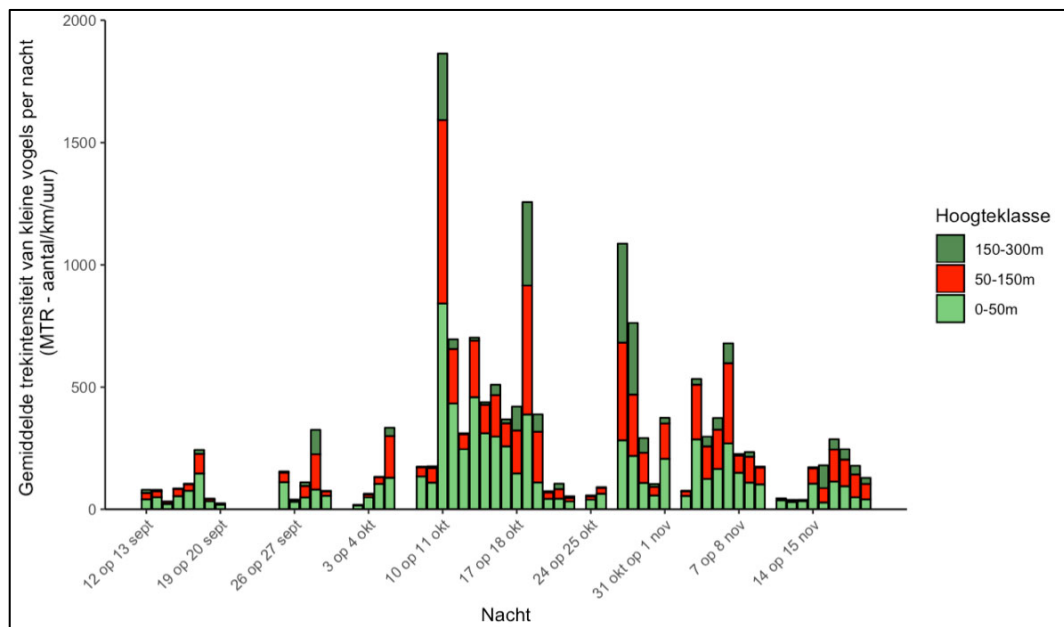
Figuur 3.10 Aantal geregistreeerde vliegbewegingen per hoogteklasse in de nachten in het najaar van 2018. Gele balken geven kleine vogels weer, en paarse balken flocks. De breedte van de balk geeft aan hoe veel vliegbewegingen geregistreerd zijn in iedere hoogteklasse.



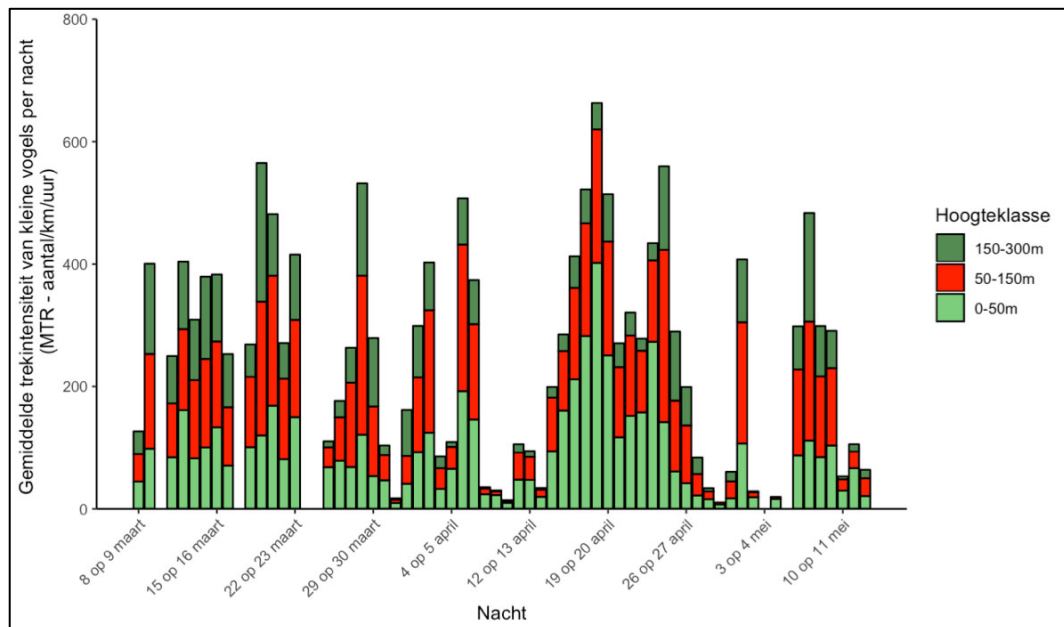
Figuur 3.11 Aantal geregistreeerde vliegbewegingen per hoogteklasse in de nachten in het voorjaar van 2019. Gele balken geven kleine vogels weer en paarse balken flocks. De breedte van de balk geeft aan hoe veel vliegbewegingen geregistreerd zijn in iedere hoogteklasse.



In Figuur 3.10 en Figuur 3.11 is te zien dat MAX boven 300 meter hoogte weinig vogels registreert. Op basis van gegevens van de Furuno scheepsradars (zie § 3.4.1) is echter bekend dat boven deze hoogte wel vogels vliegen, wat betekent dat de detectiecapaciteit van MAX boven deze hoogte beperkt is. Voor een nadere analyse van variatie in hoogteverdeling tussen nachten wordt daarom gefocust op de vliegbewegingen onder 300 meter (net als in § 3.1). Daarnaast is deze analyse alleen gericht op de tracks die geïdentificeerd zijn als kleine vogel. Alle vliegbewegingen van kleine vogels tijdens de nachturen zijn daartoe opgedeeld in drie categorieën: onder rotorhoogte (0-50 meter), op rotorhoogte (50-150 meter) en boven rotorhoogte (150-300 meter). De aantallen per hoogteklaas per nacht zijn voor het najaar en het voorjaar weergegeven in Figuur 3.12 en Figuur 3.13. In de onderzochte nachten in het najaar van 2018 vloog minimaal 6,6% en maximaal 53,6% van de kleine vogels onder 300 meter op rotorhoogte. In het voorjaar van 2019 vloog in de onderzochte nachten minimaal 19,7% van de kleine vogels op rotorhoogte en maximaal 52,3%.



Figuur 3.12 Gemiddelde trekintensiteit van kleine vogels per hoogteklaas per nacht voor het najaar van 2018. De trekintensiteit is weergegeven in MTR (aantal vogels per km per uur). De hoogteklaas van 50 tot 150 meter geeft de gemiddelde rotorhoogte in Windpark Eemshaven weer.



Figuur 3.13 Gemiddelde trekintensiteit van kleine vogels per hoogteklaas per nacht voor het voorjaar van 2019. De trekintensiteit is weergegeven in MTR (aantal vogels per km per uur). De hoogteklaas van 50 tot 150 meter geeft de gemiddelde rotorhoogte in Windpark Eemshaven weer.

Geselecteerde nachten

In deze paragraaf wordt kort ingegaan op dezelfde nachten als in § 3.1.3. Dit betreft nachten waarvoor informatie beschikbaar is over de sterfte van nachtelijk trekkende (zang)vogels en waarvoor het dus interessant is om iets verder in te zoomen op de specifieke trekpatronen van die nachten

Het percentage vliegbewegingen op rotorhoogte varieert tussen de geselecteerde nachten van minimaal 20% tot maximaal 53%. Gemiddeld genomen vloog tijdens de geselecteerde nachten in het najaar 36% van de vogels (kleine vogels + *flocks*) op rotorhoogte (Tabel 3.5). Tijdens het voorjaar was dit 38,5% (Tabel 3.6). Er is sprake van variatie tussen nachten maar deze is redelijk beperkt. Er zijn geen nachten waarin bijna geen vogels op rotorhoogte vlogen, noch zijn er nachten waarin een ruime meerderheid van de vogels op rotorhoogte vloog.



Tabel 3.5 Verdeling van de flux van kleine vogels en flocks (bij elkaar opgeteld) in geselecteerde nachten in het najaar van 2018 in drie hoogteklassen: onder rotorhoogte (RH) 0-50 m, op rotorhoogte 50-150 m en boven rotorhoogte 150-300m.

Datum	Gem MTR onder RH	Gem MTR op RH	Gem MTR boven RH	Percentage op rotorhoogte
25/26 september	141	47	5	24
28/29 september	103	177	110	45
9/10 oktober	132	74	9	35
10/11 oktober	1.701	1.491	418	41
11/12 oktober	744	316	37	29
12/13 oktober	320	90	6	22
15/16 oktober	452	283	60	36
16/17 oktober	339	134	18	27
17/18 oktober	191	210	109	41
18/19 oktober	627	846	453	44
27/28 oktober	338	546	563	38
28/29 oktober	241	300	346	34
29/30 oktober	114	131	68	42
5/6 november	262	249	56	44
8/9 november	120	123	23	46

Tabel 3.6 Verdeling van de flux van kleine vogels en flocks (bij elkaar opgeteld) in geselecteerde nachten in het voorjaar van 2019 in drie hoogteklassen: onder rotorhoogte (RH) 0-50 m, op rotorhoogte 50-150 m en boven rotorhoogte 150-300 m.

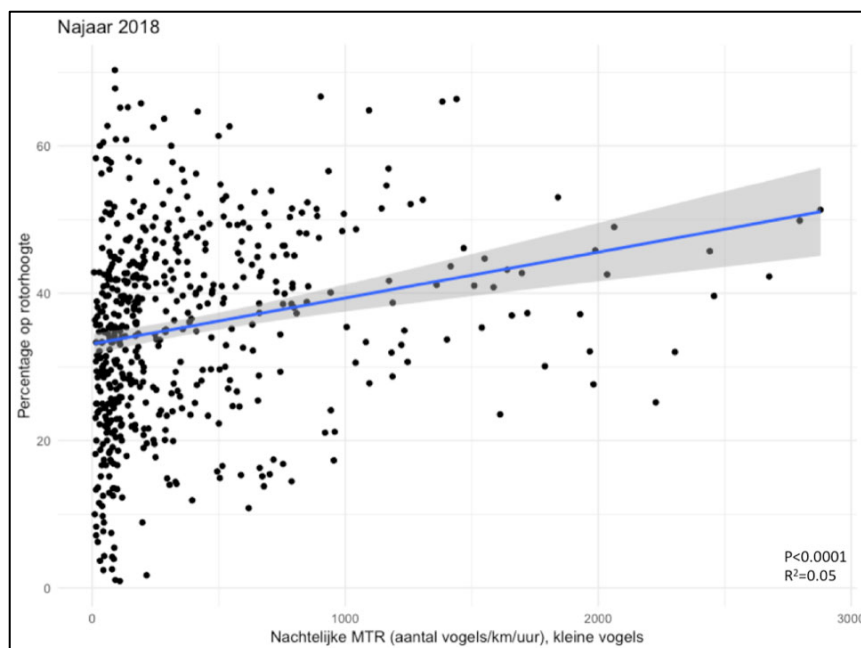
Datum	Gem MTR onder RH	Gem MTR op RH	Gem MTR boven RH	Percentage op rotorhoogte
11/12 maart	103	83	83	31
19/20 maart	136	238	248	38
20/21 maart	196	245	132	43
21/22 maart	106	138	56	46
27/28 maart	75	149	62	52
28/29 maart	147	374	189	53
10/11 april	13	4	1	21
11/12 april	58	43	14	38
17/18 april	418	294	72	38
25/26 april	82	131	107	41
29/30 april	13	3	NA	20
30 april / 1 mei	30	34	18	41
1/2 mei	143	250	118	49



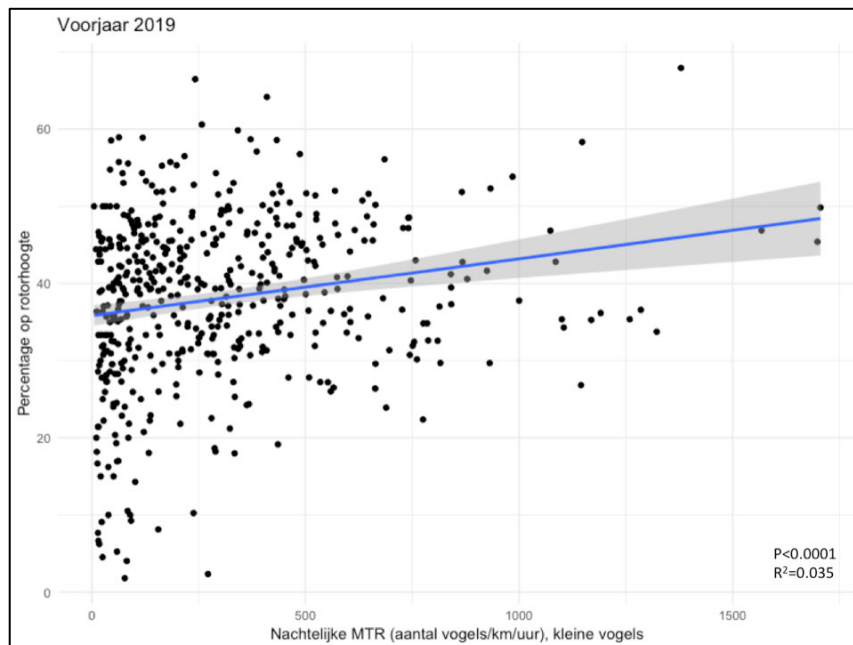
3.2.2 Aandeel op rotorhoogte in relatie tot trekintensiteit

Op basis van Figuur 3.12 en Figuur 3.13 rijst de vraag in hoeverre het aandeel vogels op rotorhoogte afhankelijk is van de trekintensiteit. Op het oog lijkt het zo te zijn dat in de nachten met een zeer hoge trekintensiteit het aandeel vogels (onder 300 meter) op rotorhoogte groter is dan in nachten met een (zeer) lage trekintensiteit.

Een lineair model geeft aan dat sprake is van een statistisch significant verband tussen de trekintensiteit van kleine vogels en het percentage van de flux op rotorhoogte ($P < 0,05$; zie Figuur 3.14 en Figuur 3.15). In uren met een zeer hoge MTR is het aandeel kleine vogels <300 meter dat op rotorhoogte vliegt (tussen 50 en 150 meter) hoger dan in uren met een lage MTR. In uren met een lage MTR vloog gemiddeld ca. 35% van de vogels (<300 m) op rotorhoogte. Dit aandeel liep zowel in het najaar als in het voorjaar op tot gemiddeld bijna 50% van de vogels (<300 m) op rotorhoogte in de uren met de hoogste MTR. Mogelijk betreft het grote aandeel vliegbewegingen onder rotorhoogte voornamelijk lokale vogels, terwijl trekkende vogels over het algemeen iets hoger vliegen en daardoor vaker op rotorhoogte. De R^2 van het verband (zowel in het najaar als in het voorjaar) is klein, wat aangeeft dat slechts een klein deel van de variatie in de gegevens verklaard wordt door de trekintensiteit. Daarnaast zullen er dus nog (meerdere) andere variabelen zijn die van invloed zijn op het percentage van de flux op rotorhoogte. Hierbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan de precieze locatie of aan weersomstandigheden.



Figuur 3.14 Percentage van de flux van kleine vogels op rotorhoogte in het najaar, uitgezet tegen de trekintensiteit (MTR – aantal vogels per km per uur). Blauwe lijn geeft de 'smooth means' o.b.v. een lineair model en geeft de voorspelde trend op basis van dit model weer (significantie P en correlatiecoëfficiënt R^2 rechtsonder). In het grijs wordt het betrouwbaarheidsinterval van dit lineaire model weergegeven.



Figuur 3.15 Percentage van de flux van kleine vogels op rotorhoogte in het voorjaar, uitgezet tegen de trekintensiteit (MTR – aantal vogels per km per uur). Blauwe lijn geeft de ‘smooth means’ o.b.v. een lineair model en geeft de voorspelde trend op basis van dit model weer (significantie P en correlatiecoëfficiënt R^2 rechtsonder). In het grijs wordt het betrouwbaarheidsinterval van dit lineaire model weergegeven.

3.3 Soortenspectrum nachtelijke (zang)vogeltrek

Najaar 2018

Metingen op locatie

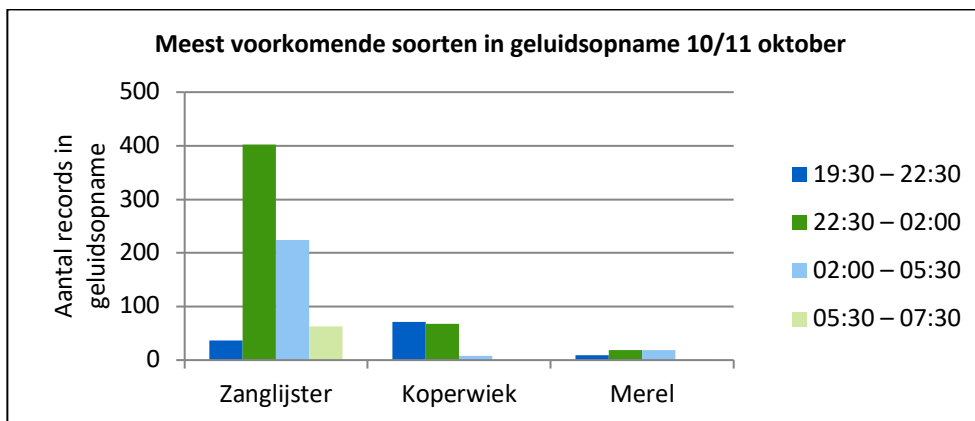
Tijdens de nachten van 3 op 4 oktober, 10 op 11 oktober, 17 op 18 oktober, 31 oktober op 1 november en 8 op 9 november zijn geluidsopnames gemaakt op de locatie waar op dat moment ook metingen met de Furuno scheepsradar plaatsvonden (Tabel 3.7). Hoewel het aantal opgenomen roepjes van vogels een grove onderschatting is van het aantal overtrekkende vogels, geeft het wel een indicatie van het soortenspectrum. Daarbij moet wel rekening gehouden worden met het feit dat niet alle soorten roepen tijdens de trek, dus het is geen precieze weergave van het soortenspectrum.



Tabel 3.7 Geluidsopnames in vijf nachten in het najaar van 2018 in het westen van de Eemshaven.
Per nacht is per soort het aantal roepjes dat is geregistreerd weergegeven.

Soort	3/4 oktober	10/11 oktober	17/18 oktober	31/1 okt./nov.	8/9 november
brandgans			>1		
grauwe gans		1		1	>1
kolgans		2			>1
wilde eend	1			10	
meerkoet	1				
blauwe reiger				1	
goudplevier			1	1	1
kievit		1		3	
bonte strandloper	2				
witgat		1			
watersnip			1		
goudhaan					2
veldleeuwerik		1			
merel		53	5	4	12
kramsvogel		3			>1
zanglijster	4	726	37		
koperwiek		147	233	15	25
roodborst		9	2	2	
grote gele kwikstaart		1			
graspieper		2			
keep		1			

In de nacht van 3 op 4 oktober zijn slechts 8 identificeerbare roepjes geregistreerd, wat niet onverwacht is gezien de zeer lage trekintensiteit (Figuur 3.1). Tijdens de pieknacht van 10/11 oktober zijn met name geluiden van lijsters vastgelegd (zie ook Figuur 3.16). De zanglijsters waren in deze nacht het meest talrijk. In de nacht van 17 op 18 oktober was geen sprake van een zeer hoge trekintensiteit (zie Tabel 3.3). Het aantal geregistreerde roepjes was daarmee vanzelfsprekend lager dan in de nacht van 10 op 11 oktober. Ook in deze nacht was het overgrote deel van de roepjes van lijsters, maar nu waren de koperwieken duidelijk in de meerderheid. Ook in de nachten van 31 oktober op 1 november en van 8 op 9 november was geen sprake van een hoge trekintensiteit (zie Tabel 3.3). Dit blijkt ook uit de geluidsopnames. In de nacht van 8 op 9 november zijn in de eerste helft van de nacht vooral merels gehoord die in de tweede helft van de nacht afgelost werden door koperwieken. De geluiden van dagtrekkers als de keep of graspieper zijn met name vroeg in de ochtend gehoord (rond zonsopkomst).



Figuur 3.16 Indicatie soortenspectrum pieknacht 10/11 oktober op basis van geluidsopnames in de Eemshaven. Tijden zijn weergegeven in lokale tijd (UTC +2).

Metingen in Beijum (Groningen)

Op 25 kilometer afstand van de Eemshaven, in Beijum (Groningen), worden ook vaak nachtelijke geluidsopnames gemaakt (trektellen.nl; verzamelpunt voor gegevens van hoofzakelijk vrijwillige (trek)waarnemers over heel Nederland). Voor een aantal pieknachten in het najaar van 2018, waarbij in de Eemshaven geen geluidsopnames zijn gemaakt, zijn de gegevens van trektellen.nl in Beijum geraadpleegd. Tijdens de nacht van 18 op 19 oktober zijn grote aantallen lijsters geregistreerd (in afnemend aantal roepjes: koperwiek, merel, zanglijster). Verder relatief veel registraties van roodborst en eenden (waaronder veel smienten).

In de nacht van 27 op 28 oktober was het aandeel lijsters opvallend laag. Hoewel koperwiek en merel de meest geregistreerde soorten waren, was het aantal geregistreerde ganzen (met name veel groepen brandganzen) en eenden (o.a. groepen smienten) naar verhouding duidelijk hoger dan in andere nachten.

Voorjaar 2019

In het voorjaar zijn ook geluidsopnames gemaakt. Door problemen met de opname-apparatuur was van de beschikbare nachten alleen de nacht van 17 op 18 april bruikbaar. Tijdens deze pieknacht zijn in de Eemshaven tussen 23:00 en 05:00 lokale tijd (UTC+2) veel scholeksters geregistreerd. Aan het begin van de nacht zijn enkele (groepen) steltlopers geregistreerd, en later in de nacht meer lijsters (zanglijster, koperwiek).

Ook de nacht van 28 op 29 maart was een goede treknacht. De geluidsopname in de Eemshaven was door problemen met de opnameapparatuur niet bruikbaar. In Beijum was stormmeeuw de meest voorkomende soort op de geluidsopname, gevolgd door koperwiek en zanglijster (trektellen.nl). Aantallen lijsters zijn duidelijk lager dan tijdens goede treknachten in het najaar. Verder zijn 20 roepjes van eenden geregistreerd (waaronder in ieder geval smient en wilde eend).

Tijdens de nacht van 19 op 20 maart trokken in Beijum opvallend veel kolganzen (trektellen.nl). Deze trokken verspreid over de nacht door. Verder zijn relatief veel eenden



geregistreerd (in ieder geval smient en wilde eend) en enkele tientallen lijsters (met name koperwiek en zanglijster).

Al met al geven de geluidsopnames een duidelijke indicatie dat met name in het najaar veel van de vliegbewegingen tijdens de goede treknachten lijsters betroffen. In het voorjaar zijn naast lijsters ook veel scholeksters geregistreerd. Dit betreft waarschijnlijk vooral lokaal heen en weer vliegende vogels nabij Rommelhoek.

3.4 Vergelijking met Furuno scheepsradar(s)

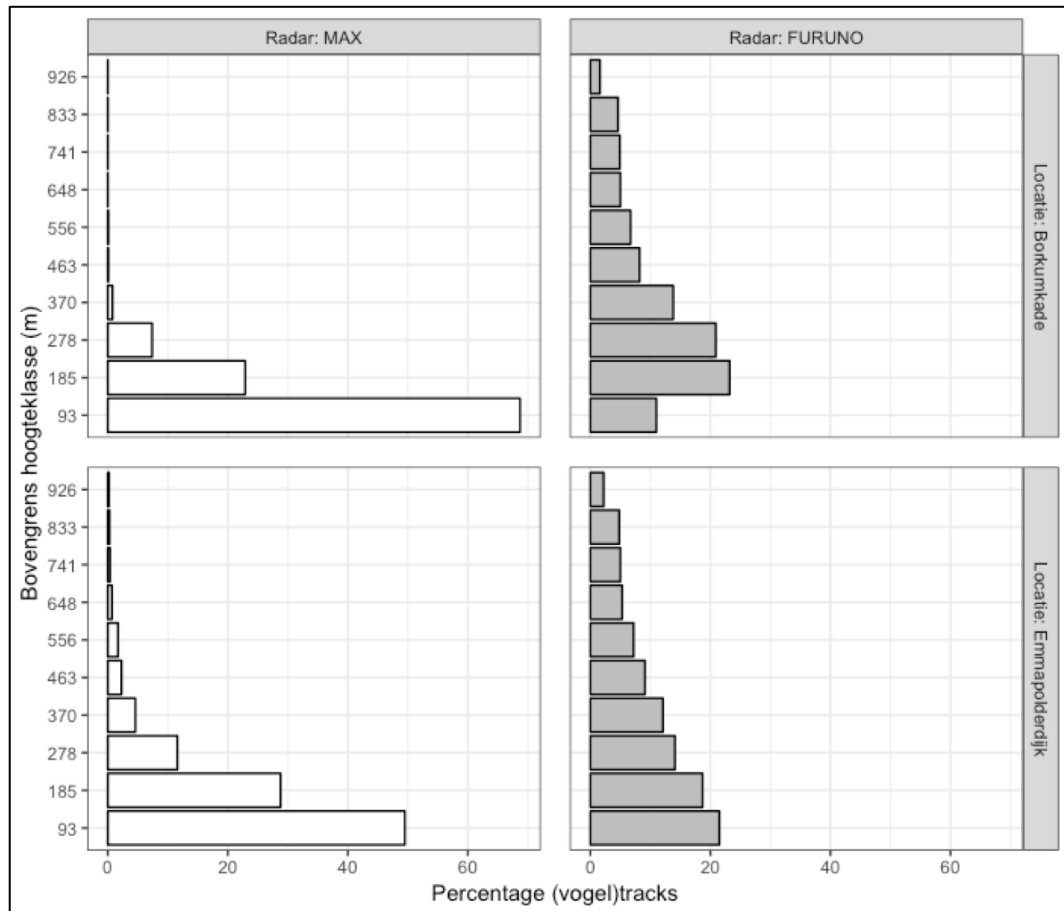
In deze paragraaf worden de metingen met MAX vergeleken met metingen met Furuno scheepsradars (zie § 2.3.5 voor methode). Hierbij is gekeken naar de trekintensiteit en de verdeling van vlieghoogtes. Voor deze vergelijking zijn alle vogeltracks meegenomen, aangezien de Furuno scheepsradar in tegenstelling tot MAX sporen niet classificeert naar grootteklassen en niet registreert of een spoor een individuele vogel is of een flock.

3.4.1 Vlieghoogte

De verdeling van vlieghoogtes zoals gemeten met de Furuno scheepsradars en (op hetzelfde moment) met MAX is weergegeven in Figuur 3.17. De beschreven patronen zijn vergelijkbaar voor vogels boven land en boven zee, voor het najaar en het voorjaar en voor de avond en de ochtend. Alle geregistreerde vogels zijn daarom samengevoegd voor interpretatie van de verschillen in het hoogtebereik tussen MAX en de Furuno scheepsradars.

Uit Figuur 3.17 blijkt dat MAX niet goed in staat is boven een hoogte van zo'n 300 meter vogels te detecteren. De Furuno scheepsradars registreerden hier nog belangrijke aantallen vogels tot de maximale hoogte van 926 meter. In Figuur 3.17 is daarnaast te zien dat MAX op de locatie Emmapolderdijk tot op iets grotere hoogte vogels registreert dan op locatie Borkumkade. Beide locaties waar met Furuno scheepsradars is gemeten (Borkumkade en Emmapolderdijk) vallen binnen het bereik van MAX. De locatie op de Emmapolderdijk ligt echter op grotere afstand van MAX (ca. 1,4 km) dan de locatie langs de Borkumkade (ca. 200 m). Als gevolg van het bundelpatroon, dat steeds verder uitdijt op grotere afstand van de radar, kan MAX op grotere afstand hoger kijken dan op korte afstand van de radarantenne.

Op locatie Borkumkade is MAX aanzienlijk beter in staat om vogels op lage hoogte te detecteren (in de onderste hoogteklaas) dan de Furuno scheepsradar (Figuur 3.17). Een goede verklaring hiervoor is dat MAX op 3 meter hoogte staat, en net over de dijk heen kan kijken, terwijl de Furuno scheepsradar op locatie Borkumkade lager stond (op zo'n 1,5 meter hoogte) en daardoor niet in staat was om vogels op lage hoogte achter de dijk te zien. Juist boven Rommelhoek vonden veel vliegbewegingen van vogels op lage hoogte plaats en die kon MAX wel zien, terwijl het zicht van de Furuno scheepsradar geblokkeerd werd door de dijk. Daarentegen stond de Furuno scheepsradar op de Emmapolderdijk bovenop de dijk, waardoor de Furuno op deze locatie ook over de dijk heen kon kijken.



Figuur 3.17 Hoogteverdeling van vliegbewegingen gemeten met MAX (wit) en de Furuno scheepsradars (grijs) op de locaties Borkumkade (boven) en Emmapolderdijk (onder, zie ook Figuur 2.4).

3.4.2 Trekintensiteit

Omdat uit voorgaande analyse is gebleken dat de detectiecapaciteit van MAX boven een hoogte van ca. 300 m sterk terugloopt, zijn voor de vergelijking van de trekintensiteit alleen de onderste drie hoogtebanden (tot 278 m) in beschouwing genomen.

Voor de vergelijking van fluxen gemeten met MAX en met de Furuno scheepsradars zijn de gegevens eerst verdeeld in kwartieren waarin simultane metingen hebben plaatsgevonden (zie § 2.2.1). In totaal gaat het om 70 kwartieren in het najaar en 108 kwartieren in het voorjaar. De gegevens van het najaar en het voorjaar en de gegevens van de avonden en de ochtenden zijn samengenomen, omdat er geen reden is om aan te nemen dat die factoren van invloed zijn op de performance van de radars ten opzichte van elkaar. In de analyses is wel rekening gehouden met de verschillende locaties, omdat zoals hiervoor is beschreven dit wel van invloed is op de performance van de radars. De Furuno scheepsradars zijn opgesteld op de Borkumkade en op de Emmapolderdijk. Daarnaast vond de helft van de metingen boven de Waddenzee plaats en de andere helft boven land. In de analyses is dit beschouwd als vier afzonderlijke locaties (zie Figuur 2.4).

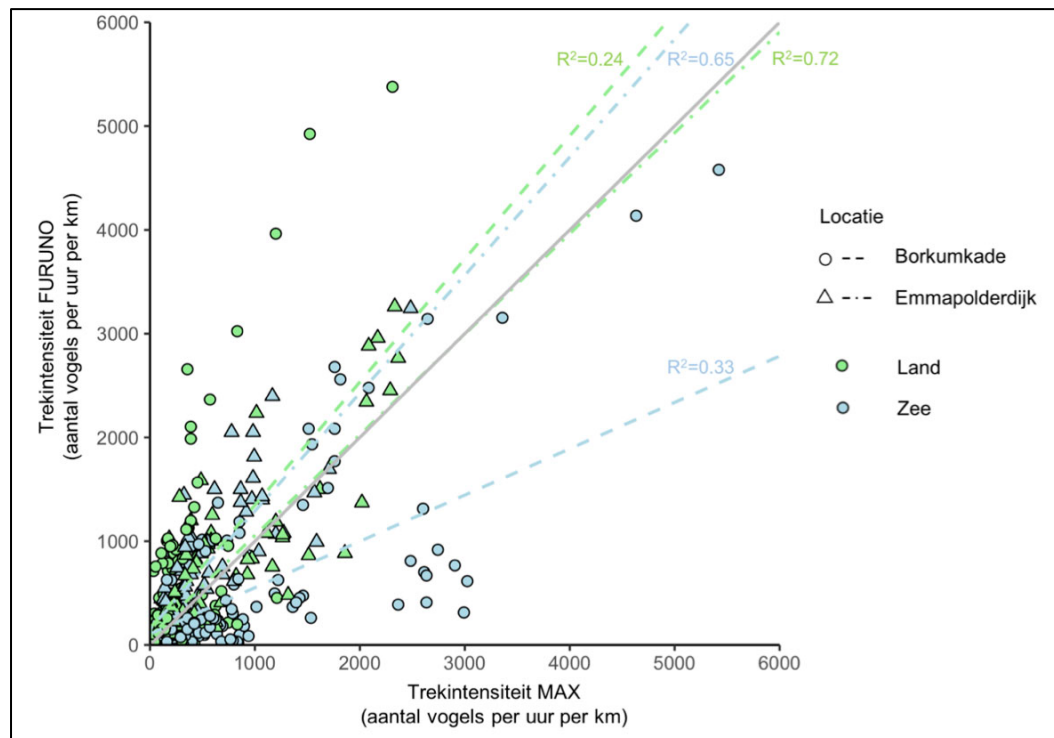


Omdat de gegevens niet normaal zijn verdeeld, zijn de MTR's van beide radars vergeleken met een non-parametrische *paired samples Wilcoxon test*. Hierbij worden de paren gevormd door een meting met MAX en een meting met een Furuno scheepsradar in hetzelfde kwartier op dezelfde locatie. Uit deze test blijkt dat met MAX gemiddeld over alle vier de locaties samengenomen een significant hogere flux wordt gemeten dan met de Furuno scheepsradars (Tabel 3.8).

*Tabel 3.8 Vergelijking van de MTR's (aantal vogels per km per uur) gemeten met MAX en met de Furuno scheepsradars op vier verschillende locaties (tot 278 meter hoogte). In de laatste kolom is de p-waarde weergegeven die volgt uit de paired samples wilcoxon test. *Een p-waarde <0,05 is significant. Gem. = gemiddelde, Stdev. = standaarddeviatie.*

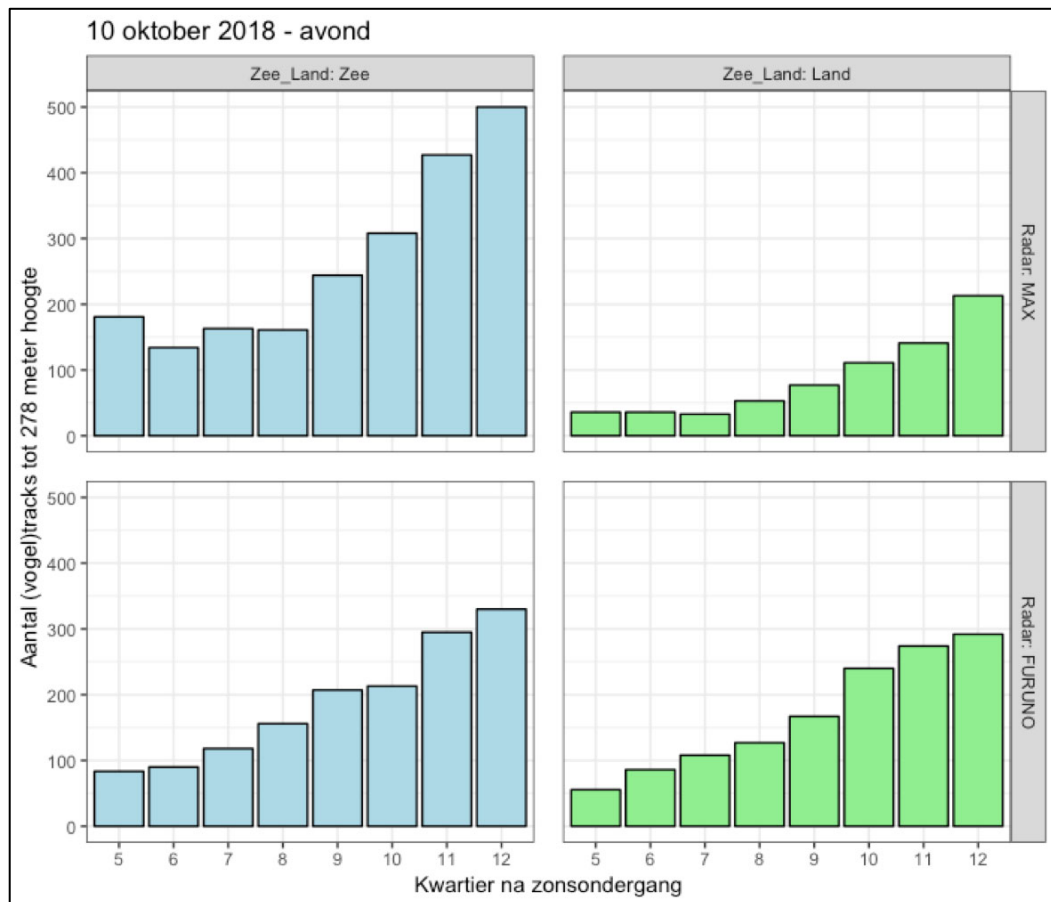
Locatie	MAX		Furuno		p
	Gem. MTR	Stdev.	Gem. MTR	Stdev.	
Totaal	472	683	325	570	<0,001*
Borkumkade – zee	743	902	268	522	<0,001*
Borkumkade – land	193	298	209	468	0,037*
Emmapolderdijk – zee	430	555	460	633	0,659
Emmapolderdijk - land	526	676	442	657	0,002*

Het significante verschil in flux tussen MAX en de Furuno radars komt vooral naar voren op de locatie 'Borkumkade – zee'. Dit blijkt ook duidelijk uit Figuur 3.18, waarin voor alle kwartieren de trekintensiteit gemeten door de MAX per locatie vergeleken wordt met de gemeten intensiteit door de FURUNO. Op de locatie 'Borkumkade – zee' is de trekintensiteit gemeten met de MAX aanzienlijk hoger dan de trekintensiteit gemeten met de FURUNO. Zoals in voorgaande paragraaf reeds uitgelegd kan MAX op deze locatie de (vele) vogels die vlak boven Rommelhoek vliegen goed zien, terwijl de lager gepositioneerde Furuno scheepsradar tegen de dijk aan kijkt. Het verschil op de locaties 'Borkumkade – land' en 'Emmapolderdijk – land' is weliswaar significant maar veel minder uitgesproken dan op de locatie 'Borkumkade – zee' (Tabel 3.8 en Figuur 3.18).



Figuur 3.18 Vergelijking van de trekintensiteit gemeten met MAX en FURUNO op basis van metingen per kwartier. Symbolen geven de locatie weer (Borkumkade vs. Emmapolderdijk) en kleuren geven de intensiteit over land (groen) en zee (blauw). Voor iedere locatie geven de trendlijnen het lineaire verband tussen de intensiteit gemeten met MAX en FURUNO, waarbij per locatie een ander type lijn wordt weergegeven (zie legenda). Aangezien outliers de trendlijnen sterk beïnvloeden zijn voor het bepalen van deze lijn enkel datapunten met een trekintensiteit onder 3000 meegenomen (dit omvat 98% van de datapunten). De grijze lijn geeft de situatie weer waarin de radars dezelfde intensiteit zouden meten. Punten boven deze grijze lijn duiden erop dat de FURUNO tijdens het betreffende kwartier een hogere intensiteit heeft gemeten dan MAX; voor punten onder deze lijn heeft MAX een hogere intensiteit gemeten dan de FURUNO. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat extreme waarden de lijn sterk beïnvloeden.

Er is geen sprake van een consequent en uitgesproken verschil in de MTR gemeten met MAX en de MTR gemeten met de Furuno scheepsradars. MAX meet niet consequent meer of minder vogels dan met de Furuno scheepsradars is gemeten en de verschillen die er zijn kunnen worden verklaard aan de hand van locatiespecifieke eigenschappen en verschillen in opstelling van de radars. Dit betekent dat als de radars zo opgesteld worden dat ze in potentie hetzelfde bereik hebben, de fluxen (tot 278 meter hoogte) die met beide radars gemeten worden niet ver uit elkaar liggen. Dit wordt geïllustreerd met twee voorbeelden. In Figuur 3.19 zijn de gegevens verzameld met MAX en met een Furuno scheepsradar op de locatie Borkumkade (boven zee en boven land) weergegeven voor acht kwartieren in het eerste deel van de nacht van 10 op 11 oktober. Zonder enige vorm van correctie lopen de aantallen tracks die met beide radars zijn vastgelegd niet ver uit elkaar. Daarnaast zag MAX meer boven zee en de Furuno scheepsradar zag meer boven land. Het toenemen van de flux in de loop van de nacht is met beide radars vastgelegd.

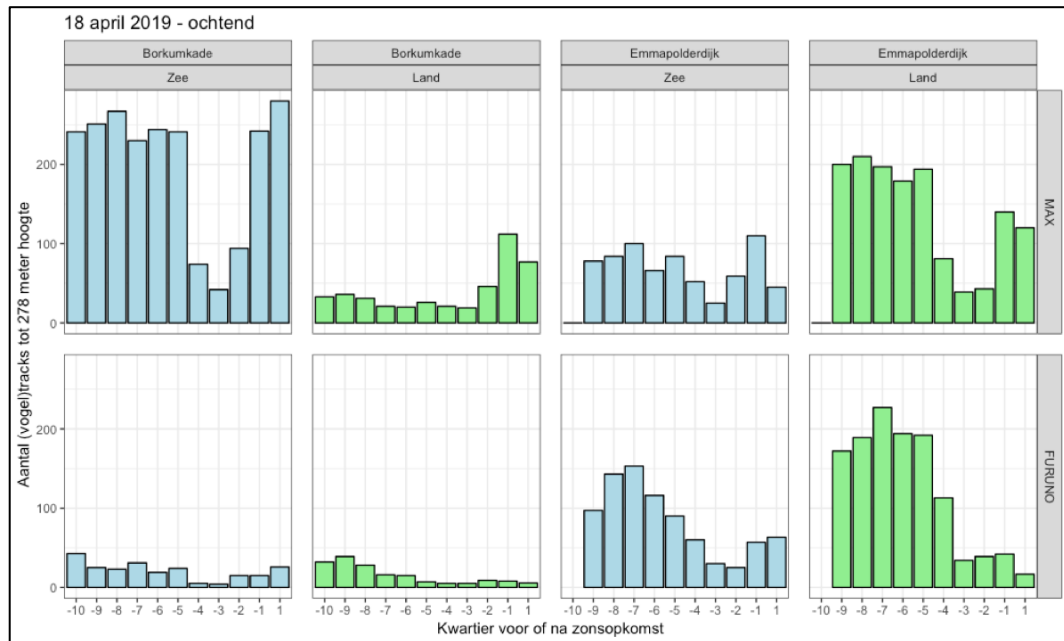


Figuur 3.19 Verloop in intensiteit (aantal tracks tot 278 meter hoogte) voor de avonduren van een pieknacht in het najaar (avond van 10 oktober), per kwartier na zonsondergang. De bovenste rij geeft resultaten van de MAX, en de onderste rij van de Furuno. Blauwe balken geven de aantallen tracks per kwartier boven zee, en groene balken boven land.

In Figuur 3.20 is eenzelfde vergelijking gemaakt voor de ochtend van 18 april. In dit geval is simultaan met twee Furuno scheepsradars gemeten, één op locatie Borkumkade en één op locatie Emmapolderdijk. Voor beide locaties zijn gegevens boven land en boven zee geregistreerd (groen resp. blauw in Figuur 3.20). In deze vergelijking is duidelijk te zien wat ook uit de statistische toets bleek, namelijk dat op de locatie 'Borkumkade – zee' MAX veel meer vogels ziet dan de Furuno scheepsradar. Op de andere drie locaties komt de gemeten trekintensiteit goed overeen tussen beide radars. Zoals hiervoor ook al gesteld is geen sprake van een consequent (in een bepaalde richting) en/of groot verschil in gemeten flux tussen de beide radars. Ook het verloop in de trekintensiteit over de tijd gemeten met de twee radars is vergelijkbaar. Boven land ziet MAX in de kwartieren rond zonsopkomst wel duidelijk meer vogels dan de Furuno scheepsradars (zowel op de Borkumkade als op de Emmapolderdijk). Een mogelijke verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat rond zonsopkomst de lokale vogels actiever worden, waardoor het aantal vliegbewegingen op (zeer) lage hoogte toeneemt. Zeker boven land lijkt MAX minder moeite te hebben om laagvliegende vogels van grondclutter te onderscheiden dan waarnemers met een Furuno scheepsradar.



De kanttekening bij voorgaande vergelijking is dat de analyse beperkt is tot de flux tot een hoogte van 278 meter. Als de flux binnen het gehele bereik van de radars wordt meegenomen, wordt waarschijnlijk een consequent hogere flux gemeten met de Furuno scheepsradars. De detectiecapaciteit van MAX neemt boven 300 meter snel af, terwijl met de Furuno scheepsradars op hoogtes tot (in ieder geval) 1 km nog aanzienlijke aantallen vogels opgepikt kunnen worden (zie § 3.4.1).



Figuur 3.20 Verloop in intensiteit (aantal tracks tot 278 meter hoogte) voor de ochtenduren van een pieknacht in het voorjaar (ochtend van 18 april), per kwartier voor of na zonsopkomst. De bovenste rij geeft resultaten van de MAX, en de onderste rij van de Furuno. Blauwe balken geven de aantallen tracks per kwartier boven zee, en groene balken boven land. Linker helft van de figuur geeft de aantallen op de locatie Borkumkade, en de rechterhelft op de locatie Emmapolderdijk.



4 Discussie en conclusie

4.1 Trekintensiteit over het seizoen

- Zowel de gemiddelde als de maximale trekintensiteit was in het najaar van 2018 duidelijk hoger dan in het voorjaar van 2019. Dit is deels te verklaren door het feit dat vogelpopulaties in het najaar uit meer (jonge) vogels bestaan dan in het voorjaar, waardoor in absolute zin meer vogels langs (kunnen) trekken.
- De trek was in het najaar aanzienlijk meer gepiekt dan in het voorjaar. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat vogels in het najaar meer tijd nemen om gunstige trekomstandigheden af te wachten dan in het voorjaar. In het najaar doen deze gunstige omstandigheden zich gemiddeld genomen minder vaak voor dan in het voorjaar. De overheersende windrichting in Nederland is zuidwest, wat in het najaar tegenwind betekent en in het voorjaar wind in de rug. Dit zou ertoe kunnen leiden dat de trek in het najaar meer geconcentreerd op een aantal dagen met gunstige(re) omstandigheden plaatsvindt.
- In het najaar was geen sprake van een consistent 'piekmoment' in de nacht waarop de meeste vogels langstrokken. In het voorjaar zijn de hoogste pieken in trekintensiteit vaak in de ochtend gemeten. Op basis van de gegevens van weerradars in Nederland, België en Duitsland is bekend dat de trek in het voorjaar van 2019 zich vaak op grote hoogte, buiten het bereik van de 3D-vogelradar MAX[®], (verder: MAX) heeft afgespeeld. Pas in de ochtend, wanneer de vogels afdaalden naar lagere hoogtes, werd met MAX een piek in de trekintensiteit gemeten. Een eventueel patroon in trekintensiteit over de nacht kan worden gebruikt om binnen een nacht de uren met de verwachte maximale trekintensiteit te selecteren, en windturbines alleen tijdens deze uren stil te zetten. Wanneer dit patroon voorspelbaar is hoeven de windturbines niet de gehele nacht stilgezet te worden, waardoor de kosten beperkt worden. In het gezamenlijke integratierapport wordt hier, aan de hand van de verzamelde gegevens, dieper op ingegaan.
- In het najaar van 2018 selecteerden vogels met name nachten met meewind of zijwind om naar hun overwinteringsgebieden in het zuiden te trekken. In het voorjaar van 2019 is dit patroon niet zichtbaar in de gegevens. Echter, zoals hiervoor beschreven, vlogen de vogels in het voorjaar vaak op grotere hoogte. De op lagere hoogte gemeten weersomstandigheden zijn daarom mogelijk niet representatief voor de trekomstandigheden waar deze vogels mee te maken hadden.

4.2 Vlieghoogte

- Zowel in het najaar als in het voorjaar vloog gemiddeld 36-37% van de geregistreeerde kleine vogels op rotorhoogte (tussen de 50 en 150 meter hoogte). In uren met een zeer hoge MTR lag het aandeel vogels op rotorhoogte rond de 50%.
- Bijna de helft van de geregistreeerde (zang)vogels (onder 300 meter) vloog lager dan 50 meter en dus onder rotorhoogte.



4.3 Soortenspectrum

- Op basis van geluidsopnames bestond vooral in het najaar de bulk van de overtrekkende vogels uit lijsters (zanglijsters, koperwieken en merels).

4.4 Vergelijking 3D-vogelradar MAX met Furuno scheepsradars

- Uit de simultane metingen met MAX en Furuno scheepsradars blijkt dat MAX boven ca. 300 meter hoogte weinig vogels detecteert terwijl op die hoogte wel degelijk vogels vliegen. Dit toont aan dat MAX op dit moment geen geschikt instrument is om vogeltrek op grote hoogte te meten. De patronen op turbinehoogte zijn echter goed vastgelegd, waardoor MAX een goede aanvulling vormt op weerradars die juist op turbinehoogte niet goed kunnen kijken.
- Er blijkt geen sprake te zijn van een consequent en/of groot verschil tussen fluxen gemeten met MAX en fluxen gemeten met een Furuno scheepsradar. De verschillen die er zijn tussen fluxen gemeten met beide radars, zijn grotendeels te verklaren door locatiespecifieke eigenschappen in combinatie met de opstelling van de verschillende radars en de consequentie daarvan voor het bereik.
- In vergelijking met de Furuno scheepsradars werkt MAX volledig geautomatiseerd, waardoor met MAX voor langere perioden 24/7 gegevens verzameld kunnen worden. Dit geeft een beter beeld van variatie in bijvoorbeeld trekintensiteit over de tijd. Daardoor is het ook mogelijk om voor een heel trekseizoen een vergelijking met de gegevens verzameld met een weerradar te maken. Iets wat met Furuno scheepsradars niet mogelijk is. Daarnaast is MAX, in tegenstelling tot een Furuno scheepsradar, in staat om de vliegsnelheid en hoogte van alle vogels in zijn bereik vast te leggen. Ook vindt er automatische classificatie van de echo's plaats waarmee onderscheid gemaakt kan worden tussen (verschillende grootteklassen van) vogels en andere bewegende objecten.

De vervolgstap binnen dit onderzoek is de integratie van de hier gepresenteerde resultaten met de resultaten van slachtofferonderzoek door Altenburg & Wymenga (Klop & Brenninkmeijer 2020) en de resultaten van de metingen met een weerradar op het Duitse eiland Borkum door de Universiteit van Amsterdam (Shinneman *et al.* 2020). Op basis van deze integratie wordt een conclusie getrokken over de haalbaarheid van de ontwikkeling van een voorspellingsmodel voor stilstand in Windpark Eemshaven (en mogelijk later voor windparken in de rest van Nederland). Indien de ontwikkeling van een voorspellingsmodel haalbaar blijkt, worden tevens verscheidene uitgangspunten voor de ontwikkeling van het model en handvatten voor beslisregels voor stilstand gepresenteerd (Bouten *et al.* 2020).



5 Literatuur

- Van Belle, J., J. Shamoun-Baranes, E. van Loon & W. Bouten, 2007. An operational model predicting autumn bird migration intensities for flight safety. *Journal of Applied Ecology* 44: 864-874.
- Bouten, W., J.C. Kleyheeg-Hartman, E. Klop, A. Potiek, S.M. Shinneman & E.E. van Loon, 2020. Haalbaarheidsstudie naar een voorspellend vogeltrekmodel en een stilstandvoorziening om vogelsterfte te beperken in Windpark Eemshaven. Universiteit van Amsterdam; Instituut voor Biodiversiteit en Ecosysteem Dynamica, Bureau Waardenburg, Culemborg & Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Faenwâlden.
- Klop, E. & A. Brenninkmeijer, 2020. Aanvaringsslachtoffers Windpark Eemshaven najaar 2018 & voorjaar 2019. A&W-rapport 3189. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Faenwâlden.
- Klop, E. & A. Brenninkmeijer, 2014. Monitoring aanvaringsslachtoffers Windpark Eemshaven 2009-2014, Eindrapportage vijf jaar monitoring. A&W-rapport 1975. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Faenwâlden.
- Shinneman, S.M., E.E. van Loon, B.C. Wijers & W. Bouten, 2020. Prediction and measurement of high intensity bird migration using meteorological radar data in Eemshaven windpark. Universiteit van Amsterdam, Instituut voor Biodiversiteit en Ecosysteem Dynamica.





Bijlage I Geselecteerde meetperiodes

Tabel BI.1 Najaar 2018 - geselecteerde meetperiodes voor de analyses. Tijd in UTC.

Nr.	Datum/tijd start	Datum/tijd eind
1	12-09-2018 14:45	14-09-2018 23:00
2	15-09-2018 07:00	15-09-2018 15:00
3	15-09-2018 20:00	20-09-2018 10:40
4	25-09-2018 19:07	27-09-2018 15:10
5	27-09-2018 17:46	30-09-2018 16:00
6	02-10-2018 19:00	03-10-2019 00:00
7	04-10-2018 04:00	04-10-2018 11:00
8	04-10-2018 14:00	05-10-2018 07:49
9	05-10-2018 09:08	05-10-2018 21:41
10	08-10-2018 07:37	21-10-2018 21:00
11	22-10-2018 02:00	23-10-2018 05:00
12	24-10-2018 23:00	25-10-2018 05:00
13	25-10-2018 12:00	26-10-2018 04:00
14	27-10-2018 16:51	30-10-2018 01:00
15	30-10-2018 07:00	30-10-2018 21:00
16	31-10-2018 06:00	31-10-2018 20:00
17	31-10-2018 22:00	01-11-2018 14:00
18	02-11-2018 14:00	07-11-2018 16:00
19	07-11-2018 20:00	09-11-2018 06:00
20	09-11-2018 09:00	10-11-2018 06:00
21	10-11-2018 08:00	10-11-2018 15:00
22	11-11-2018 11:00	12-11-2018 07:00
23	12-11-2018 14:00	13-11-2018 08:00
24	13-11-2018 15:00	15-11-2018 09:47
25	15-11-2018 10:42	20-11-2018 12:13

Tabel BI.2 Najaar 2018 – periodes waarin MAX niet (goed) functioneerde. Tijd in UTC.

Nr.	Datum/tijd start	Datum/tijd eind
1	20-09-2018 10:40	24-09-2018 16:56
2	25-09-2018 10:00	25-09-2018 19:07
3	27-09-2018 15:10	27-09-2018 17:46
4	02-10-2018 04:14	02-10-2018 07:31
5	05-10-2018 07:49	05-10-2018 09:08
6	05-10-2018 21:41	08-10-2018 07:37
7	26-10-2018 13:46	27-10-2018 16:51
8	01-11-2018 17:55	01-11-2018 19:37
9	12-11-2018 11:32	12-11-2018 11:53
10	15-11-2018 09:47	15-11-2018 10:42
11	20-11-2018 12:13	30-11-2018 00:00



Tabel BI.3 Najaar 2018 – periodes waarin het (zo nu en dan) regende. Tijd in UTC.

Nr.	Datum/tijd start	Datum/tijd eind
1	14-09-2018 23:00	15-09-2018 07:00
2	15-09-2018 15:00	15-09-2018 20:00
3	21-09-2018 05:00	25-09-2018 07:00
4	30-09-2018 16:00	02-10-2018 19:00
5	03-10-2018 00:00	04-10-2018 04:00
6	04-10-2018 11:00	04-10-2018 14:00
7	21-10-2018 21:00	22-10-2018 02:00
8	23-10-2018 05:00	24-10-2018 23:00
9	25-10-2018 05:00	25-10-2018 12:00
10	26-10-2018 04:00	27-10-2018 14:00
11	30-10-2018 01:00	30-10-2018 07:00
12	30-10-2018 21:00	31-10-2018 06:00
13	31-10-2018 20:00	31-10-2018 22:00
14	01-11-2018 14:00	02-11-2018 14:00
15	07-11-2018 16:00	07-11-2018 20:00
16	09-11-2018 06:00	09-11-2018 09:00
17	10-11-2018 06:00	10-11-2018 08:00
18	10-11-2018 15:00	11-11-2018 11:00
19	12-11-2018 07:00	12-11-2018 14:00
20	13-11-2018 08:00	13-11-2018 15:00
21	20-11-2018 17:00	20-11-2018 20:00
22	21-11-2018 22:00	22-11-2018 15:00
23	28-11-2018 13:00	30-11-2018 00:00

Tabel BI.4 Voorjaar 2019 - geselecteerde meetperiodes voor de analyses. Tijd in UTC.

Nr.	Datum/tijd start	Datum/tijd eind
1	08-03-2019 10:00	08-03-2019 22:00
2	09-03-2019 02:00	09-03-2019 13:00
3	09-03-2019 19:00	10-03-2019 07:00
4	11-03-2019 17:00	11-03-2019 18:00
5	11-03-2019 22:00	12-03-2019 07:00
6	12-03-2019 23:00	13-03-2019 02:00
7	13-03-2019 21:00	14-03-2019 05:00
8	14-03-2019 15:00	15-03-2019 05:00
9	15-03-2019 13:00	16-03-2019 05:00
10	16-03-2019 12:00	16-03-2019 15:00
11	16-03-2019 16:00	17-03-2019 00:00
12	19-03-2019 04:00	20-03-2019 09:00
13	20-03-2019 13:00	23-03-2019 05:48
14	25-03-2019 15:00	26-03-2019 05:00
15	26-03-2019 11:00	27-03-2019 11:00
16	27-03-2019 15:00	28-03-2019 11:00
17	28-03-2019 14:09	29-03-2019 12:51



18	29-03-2019 13:10	02-04-2019 17:00
19	02-04-2019 21:00	03-04-2019 01:00
20	03-04-2019 04:00	03-04-2019 19:00
21	03-04-2019 23:00	04-04-2019 08:00
22	04-04-2019 14:00	04-04-2019 21:00
23	05-04-2019 14:00	09-04-2019 12:00
24	09-04-2019 19:00	12-04-2019 05:00
25	12-04-2019 17:00	13-04-2019 05:00
26	13-04-2019 18:00	24-04-2019 05:00
27	24-04-2019 07:00	24-04-2019 17:00
28	25-04-2019 02:00	25-04-2019 20:00
29	25-04-2019 23:00	26-04-2019 05:05
30	26-04-2019 15:20	27-04-2019 06:00
31	27-04-2019 16:00	28-04-2019 10:00
32	28-04-2019 14:00	29-04-2019 11:00
33	29-04-2019 14:00	02-05-2019 16:00
34	03-05-2019 02:00	03-05-2019 08:00
35	04-05-2019 15:00	04-05-2019 20:00
36	05-05-2019 02:00	05-05-2019 10:00
37	06-05-2019 10:00	07-05-2019 03:00
38	07-05-2019 05:00	07-05-2019 12:00
39	07-05-2019 22:00	08-05-2019 13:00
40	08-05-2019 20:00	09-05-2019 13:00
41	09-05-2019 20:00	10-05-2019 00:00
42	10-05-2019 04:00	12-05-2019 06:00
43	12-05-2019 09:00	13-05-2019 08:00

Tabel BI.5 Voorjaar 2019 - periodes waarin MAX niet (goed) functioneerde. Tijd in UTC.

Nr.	Datum/tijd start	Datum/tijd eind
1	28-02-2019 16:00	07-03-2019 15:00
2	12-03-2019 11:50	12-03-2019 13:35
3	23-03-2019 05:48	25-03-2019 12:48
4	28-03-2019 11:00	28-03-2019 14:09
5	29-03-2019 12:51	29-03-2019 13:10
6	26-04-2019 05:05	26-04-2019 15:20

Tabel BI.6 Voorjaar 2019 - periodes waarin het (zo nu en dan) regende. Tijd in UTC.

Nr.	Datum/tijd start	Datum/tijd eind
1	01-03-2019 23:00	02-03-2019 02:00
2	03-03-2019 01:00	03-03-2019 12:00
3	03-03-2019 16:00	03-03-2019 17:00
4	04-03-2019 00:00	04-03-2019 13:00
5	04-03-2019 22:00	05-03-2019 09:00
6	06-03-2019 03:00	06-03-2019 21:00
7	07-03-2019 06:00	08-03-2019 10:00



8	08-03-2019 22:00	09-03-2019 03:00
9	09-03-2019 13:00	09-03-2019 16:00
10	10-03-2019 07:00	11-03-2019 15:00
11	11-03-2019 18:00	11-03-2019 22:00
12	12-03-2019 07:00	12-03-2019 22:00
13	13-03-2019 03:00	13-03-2019 21:00
14	14-03-2019 05:00	14-03-2019 13:00
15	15-03-2019 05:00	15-03-2019 13:00
16	16-03-2019 05:00	16-03-2019 12:00
17	17-03-2019 00:00	19-03-2019 04:00
18	20-03-2019 09:00	20-03-2019 13:00
19	23-03-2019 06:00	25-03-2019 15:00
20	26-03-2019 05:00	26-03-2019 11:00
21	27-03-2019 11:00	27-03-2019 15:00
22	02-04-2019 17:00	02-04-2019 21:00
23	03-04-2019 01:00	03-04-2019 04:00
24	03-04-2019 19:00	03-04-2019 23:00
25	04-04-2019 08:00	04-04-2019 12:00
26	04-04-2019 21:00	05-04-2019 10:00
27	09-04-2019 12:00	09-04-2019 19:00
28	12-04-2019 05:00	12-04-2019 17:00
29	13-04-2019 05:00	13-04-2019 18:00
30	24-04-2019 05:00	24-04-2019 07:00
31	24-04-2019 17:00	25-04-2019 00:00
32	25-04-2019 20:00	25-04-2019 23:00
33	27-04-2019 06:00	27-04-2019 16:00
34	28-04-2019 10:00	28-04-2019 13:00
35	29-04-2019 11:00	29-04-2019 14:00
36	02-05-2019 16:00	03-05-2019 02:00
37	03-05-2019 08:00	04-05-2019 15:00
38	04-05-2019 20:00	05-05-2019 02:00
39	05-05-2019 10:00	06-05-2019 10:00
40	07-05-2019 03:00	07-05-2019 05:00
41	07-05-2019 12:00	07-05-2019 22:00
42	08-05-2019 13:00	08-05-2019 20:00
43	09-05-2019 13:00	09-05-2019 19:00
44	10-05-2019 00:00	10-05-2019 04:00
45	12-05-2019 06:00	12-05-2019 09:00

Tabel BI.7 Voorjaar 2019 - periodes met seaclutter. Tijd in UTC.

Nr.	Datum/tijd start	Datum/tijd eind
1	03-03-2019 11:00	03-03-2019 15:00
2	04-03-2019 05:00	04-03-2019 14:00
3	05-03-2019 07:00	05-03-2019 13:00
4	06-03-2019 13:00	06-03-2019 22:00



5	07-03-2019 08:00	07-03-2019 16:00
6	07-03-2019 19:00	08-03-2019 08:00
7	09-03-2019 00:00	09-03-2019 03:00
8	09-03-2019 14:00	09-03-2019 19:00
9	10-03-2019 11:00	11-03-2019 17:00
10	12-03-2019 17:00	12-03-2019 23:00
11	13-03-2019 02:00	13-03-2019 21:00
12	14-03-2019 08:00	14-03-2019 15:00
13	16-03-2019 08:00	16-03-2019 12:00
14	16-03-2019 15:00	16-03-2019 16:00
15	17-03-2019 02:00	17-03-2019 05:00
16	17-03-2019 22:00	17-03-2019 23:00
17	18-03-2019 05:00	18-03-2019 09:00
18	04-04-2019 10:00	04-04-2019 14:00
19	05-04-2019 02:00	05-04-2019 14:00
20	24-04-2019 22:00	25-04-2019 02:00
21	27-04-2019 09:00	27-04-2019 15:00
22	28-04-2019 12:00	28-04-2019 14:00
23	04-05-2019 22:00	05-05-2019 02:00
24	07-05-2019 17:00	07-05-2019 18:00
25	09-05-2019 18:00	09-05-2019 20:00
26	10-05-2019 03:00	10-05-2019 04:00





Bijlage II Incomplete uren in de datasets

Tabel BII.5.1 Incomplete uren in de dataset voor de analyses van het najaar van 2018. Voor deze uren is geen MTR berekend.

Nr.	Datum	Uur start – eind (UTC)
1	12 september 2019	14:00 – 15:00
2	20 september 2019	10:00 – 11:00
3	25 september 2019	19:00 – 20:00
4	27 september 2019	15:00 – 16:00
5	27 september 2019	17:00 – 18:00
6	5 oktober 2019	07:00 – 08:00
7	5 oktober 2019	09:00 – 10:00
8	5 oktober 2019	21:00 – 22:00
9	8 oktober 2019	07:00 – 08:00
10	27 oktober 2019	16:00 – 17:00
11	15 november 2019	09:00 – 10:00
12	15 november 2019	10:00 – 11:00
13	20 november 2019	12:00 – 13:00

Tabel BII.5.2 Incomplete uren in de dataset voor de analyses van het voorjaar van 2019. Voor deze uren is geen MTR berekend.

Nr.	Datum	Uur start – eind (UTC)
1	23 maart 2019	05:00 – 06:00
2	28 maart 2019	14:00 – 15:00
3	29 maart 2019	12:00 – 13:00
4	29 maart 2019	13:00 – 14:00
5	26 april 2019	05:00 – 06:00
6	26 april 2019	15:00 – 16:00



Bureau Waardenburg bv

Onderzoek en advies voor ecologie en landschap

Varkensmarkt 9, 4101 CK Culemborg

Telefoon 0345-512710

E-mail info@buwa.nl, www.buwa.nl